

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ECONOMIA INDUSTRIAL

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS LINHAS DE
PRODUÇÃO DE BLOCOS E CABEÇOTES DA TUPY
FUNDIÇÕES

JOSÉ TAVARES DE BORBA

FLORIANÓPOLIS

2004

JOSÉ TAVARES DE BORBA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS LINHAS DE
PRODUÇÃO DE BLOCOS E CABEÇOTES DA TUPY FUNDIÇÕES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. João Serafim Tusi da Silveira, Dr.

Florianópolis, novembro de 2004.

FICHA CATALOGRÁFICA

Borba, José Tavares de.

Análise da eficiência técnica das linhas de produção de blocos e cabeçotes da Tupy Fundições. / José Tavares de Borba – 2004.
81F.:IL.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina,
Curso de Pós-Graduação em Economia Industrial,
Florianópolis, 2004.

Orientador: Prof. Dr. João Serafim Tusi da Silveira.

1. Eficiência técnica. 2. Fronteira estocástica de produção.
3. Setor de Fundições. 4. Tupy Fundições.

I. Título.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS LINHAS DE PRODUÇÃO DE BLOCOS E CABEÇOTES DA TUPY FUNDIÇÕES

José Tavares de Borba

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Economia (área de concentração em Economia Industrial) e aprovada, em sua forma final, pelo Curso de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Celso Leonardo Weydmann, Ph.D.

Coordenador do Curso

Apresentada à Comissão Examinadora integrada pelos professores:

Prof. Dr. João Serafim Tusi da Silveira – PPE/UFSC

Orientador

Prof. Ph.D. João Rogério Sanson – PPE/UFSC.

(membro)

Prof. Dr. Luiz Toresan

Prof. Celso Leonardo Weydmann, Ph.D.

APROVADA EM: 26 / 11 / 2004

*Dedico este trabalho à meus pais, Milton e
Dilma, pessoas maravilhosas, cujo amor,
carinho, compreensão, paciência, amizade,
princípios, norteiam minha vida. Muito
obrigado, vocês sempre estiveram presentes.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela presença contínua, estando sempre ao meu lado.

Aos meus irmãos Lúcia, Paulo e Tia Verônica, pelo carinho, amor, compreensão, em mais esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador e amigo professor Tusi, pelos enormes ensinamentos, agradeço-lhe pela dedicação, paciência e apoio nos momentos difíceis.

Aos professores Celso Weydmann, João R. Sanson, Fernando Seabra, Renato Campos, Silvio Cário, Newton Costa Jr., Wagner L. Arienti, Lauro, Hoyedo A. Lins, José Nicolau, pelos conhecimentos transmitidos e pela compreensão que sempre prestaram no decorrer do mestrado; o apoio de vocês foi muito importante para a conclusão do curso; deixo a vocês e ao professor Tusi a minha admiração e respeito.

À Evelise Elpo da Silveira, muito mais que a secretária do curso, uma grande e verdadeira amiga, serei sempre grato por tudo.

Aos colegas heterodoxos: Rogério, Fabiano Geremias, Fábio Stallivieri, Ana Barcellos, Janaína, Jeanine, Breno, Flávio Magheli, Custódio, Marcelo Arend, Fabiano Rodolfo, Paulinho, Rosângela (Rô), Graciela, Dilma.

Aos colegas ortodoxos: Nelson Silva, Álvaro Luz, Adriano Amarante, Marcelo Wilbert, Carlos T. Kawamoto, Marcus F. Lima, Jefferson Cunha, André Portela, Cidley Guioti, Cristiano Angellis, Marcelo (carioca), Maurício Nunes, Philippe.

Aos colegas marxistas: Sandro, Márcio, Volnei, Ildo (*in memorian*).

A estes colegas de correntes teóricas diferentes, deixo meu eterno agradecimento e carinho, pelo companheirismo, auxílio, e conhecimentos que compartilharam comigo nesta jornada.

Às amigas que sempre estiveram com os colegas do mestrado Shandi, Ana Paula Probst, Carlinha, Giordana, Michelle.

À Tupy Fundições, objeto de estudo, na pessoa do Senhor Luiz Tarquínio S. Ferro, pela oportunidade.

Ao Senhor Fernando C. Rizzo, pela sugestão do tema de pesquisa.

Ao Senhor Luís C. Guedes, pela oportunidade.

Aos Senhores Pedro H. Eyng, Paulo S. Schmoeckel e João Paulo Schmalz, pela compreensão, incentivo e sugestões.

Ao Senhor Marcos A. Pereira, pelo grande auxílio na coleta de dados.

Aos colegas da Tupy, Luana, Gabriele, Maristela, Eitan, Margarete, Darlon, Pagano, Stephan, Moacir, Ingomar, Arlete, Alexandre, Natanael, Andréa, Antonin, Vitor, Eduardo, pelo companheirismo e sugestões;

À UNIVILLE pelo auxílio financeiro.

Ao Departamento de Economia da UNIVILLE, especialmente ao Prof. Júlio Achilles Schünemann, pela confiança, incentivo e amizade.

Aos professores Wilmar Anderle, Ademir Demétrio, Anemarie Dalchau, Jerzy Wyrebski, pela confiança.

Aos professores da FCJ, Félix José Negherbon, Norberto Fernando Kuchenbecker, Fabiane Amarante, Airton Bonet, Déborah Bahiense, Yara Danielle, pela confiança.

Aos alunos que através do interesse e vontade de aprender, além da amizade, sempre me incentivaram a concluir esta jornada. Em especial, Julie, Carlota, Andrey Marcelo, Cheila, Giovane, Juliana, Vera, Alexandro (Maninho), Nando, Calinho, Vilson Zangheli, Edimara, Marquinhos, Vivi.

Aos colegas de graduação Airto, Valdemor, Cristiano, José Marques, Jeison, Mário Duarte, Sidnei, Fernando, Osmar, Paulinho, Adelir, Joni, pela amizade.

Ao Dr. Hugo Carvalho e sua maravilhosa família, que sempre me incentivaram e estimularam.

Aos amigos Leandro, Luiz Eduardo, Daniel Gomes, Daniel Cardozo Jr., Alechandre Dausen, Nene, Eduardo Martins, Marco Túlio, Nei, Fabiano (Baby), Ademar, Marcos Oliveira, Marcell Gossen, Christopher, Edgar.

As demais pessoas que de forma direta e indireta me acompanharam e incentivaram nesta jornada.

*“Não é o crítico que conta.
Não é o homem que aponta onde o forte tropeçou, ou onde o
realizador de feitos poderia tê-los feito melhor.
O crédito cabe ao homem que está de fato na arena, cuja a face
está desfigurada pela poeira, pelo suor e sangue.
Que luta valentemente, que erra e que fica aquém vez após vez.
Que conhece os grandes entusiastas e as grandes devoções.
Que se desgasta por uma causa justa.
Que na melhor das hipóteses, conhece no final, o triunfo de
altas realizações.
E na pior, se fracassa.
Pelo menos fracassa ao arriscar-se grandiosamente.
De forma que seu lugar jamais será ao lado daquelas almas
tímidas que não conhecem nem a vitória, nem a derrota”.*

(Autor Desconhecido)

RESUMO

BORBA, José Tavares de. **Análise da eficiência técnica das linhas de produção de blocos e cabeçotes da Tupy Fundições**. 2004. 81f. Dissertação (Mestrado em Economia Industrial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Orientador: Prof. João Serafim Tusi da Silveira, Dr.

Esta dissertação quantifica os índices de eficiência técnica das linhas de produção de blocos e cabeçotes da empresa Tupy Fundições, através da estimação de painéis Cobb-Douglas de fronteira estocástica de produção industrial, no período 2000-2003. Como variável de produção, emprega-se a quantidade mensal produzida em toneladas; como variável representativa da mão-de-obra, o número mensal de horas trabalhadas; e, como variáveis representativas do capital, o valor mensal de energia elétrica deflacionado e o valor mensal dos materiais deflacionado. De maneira geral, os resultados encontrados condizem com a realidade do setor de fundição e da empresa, via de regra, as linhas pesquisadas operam muito próximas da fronteira de produção, sendo que a Linha 2 apresenta melhor desempenho que a Linha 1.

Palavras-chaves: Eficiência Técnica, Fronteira Estocástica de Produção, Setor de Fundições, Tupy Fundições.

ABSTRACT

BORBA, José Tavares de. **Análise da eficiência técnica das linhas de produção de blocos e cabeçotes da Tupy Fundições**. 2004. 81f. Dissertação (Mestrado em Economia Industrial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Orientador: Prof. João Serafim Tusi da Silveira, Dr.

This thesis quantifies technical efficiency indices of the block and head production lines of the foundry Tupy Fundições Ltda. By estimation of stochastic frontier panels Cobb-Douglas for industrial production, during the period 2000-2003. As production variable has been considered the monthly produced volume in tons; as representative labor force variable the monthly number of working hours; and as representative capital variable the seasonally adjusted monthly value of electric energy and the seasonally adjusted monthly value of materials. In a general way, the results correspond to the reality of the foundry sector and the company and the researched lines are mostly operating very close to the production frontier. However, Line 2 showed a better performance than Line 1.

Key-words: technical efficiency, stochastic frontier, Foundry Sector, Tupy Foundry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção brasileira de Fundidos (toneladas).....	23
Figura 2 - Distribuição setorial das vendas de Fundidos.....	24
Figura 3 - Exportações de fundidos (US\$/milhões).....	25
Figura 4 - Demanda de fundidos Vs Capacidade Instalada.....	26
Figura 5 - Quantidade de trabalhadores no Setor de Fundição.....	27
Figura 6 - Modelo Organizacional.....	37
Figura 7 - Aplicação produtos Tupy (setor automotivo).....	38
Figura 8 - Cobertura de mercado.....	40
Figura 9 – Representação gráfica da análise de Farrell sobre eficiência técnica e alocativa.....	51
Figura 10: Índices mensais de eficiência técnica.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking dos países produtores de fundidos – 200323
Tabela 2 - Projeção da demanda de Fundidos (em mil ton) – 200426
Tabela 3 - Principais clientes Unidade de Blocos e Cabeçotes – 2003.....40
Tabela 4 - Estimativas por MLE dos parâmetros do painel de fronteira estocástica para diferentes especificações - 2004.....	62-63
Tabela 5 - Índices mensais de eficiência técnica – 2004.....64
Tabela 6 - Médias Anuais de eficiência técnica – 2004.....65
Tabela 7 - Índices médios trimestrais de eficiência - “ano civil”- 2004.....66
Tabela 8 - Índices médios quadrimestrais de eficiência - "ano civil" - 2004.....67
Tabela 9 - Índices médios trimestrais de eficiência - "período de atividade" - 2004.....67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE FUNDIÇÃO.....	21
2.1 INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO NO BRASIL.....	21
2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SETOR DE FUNDIÇÃO.....	21
2.3 PRODUÇÃO DE FUNDIDOS.....	22
2.4 PROJEÇÃO DA DEMANDA, PRODUÇÃO E CAPACIDADE INSTALADA.....	26
2.5 MÃO-DE-OBRA.....	27
3 TUPY FUNDIÇÕES LTDA.....	29
3.1 HISTÓRICO.....	30
3.2 ADMINISTRAÇÃO DIETER SCHMIDT.....	31
3.3 INTERNACIONALIZAÇÃO.....	31
3.4 NASCE O GRUPO EMPRESARIAL TUPY.....	32
3.5 FIM DA GESTÃO FAMILIAR.....	33
3.6 VISÃO, MISSÃO E POLÍTICA DA QUALIDADE.....	35
3.7 ORGANOGRAMA.....	37
3.8 UNIDADE DE BLOCOS E CABEÇOTES.....	38
3.8.1 Processo produtivo e áreas de apoio.....	41
3.8.1.1 Engenharia de desenvolvimento de produtos.....	41
3.8.1.2 Engenharia metalúrgica.....	42
3.8.1.3 Engenharia da qualidade.....	43
3.8.1.4 Processo produtivo.....	43
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	45
4.1 ANTECEDENTES.....	45
4.2 MARCO TEÓRICO E CONCEITO DE EFICIÊNCIA.....	48
5 METODOLOGIA.....	53
5.1 O MODELO DE ANÁLISE ECONOMETRICA DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA ... (SFA) DE PRODUÇÃO E A MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA.....	53

5.2 ESPECIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS E DA BASE DE DADOS.....	58
5.3 O MODELO TUPY DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA DE PRODUÇÃO.....	60
6 ESTIMAÇÃO DO PAINEL DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	62
7 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE A – SAÍDA DO FRONTIER 4.1 PARA O MODELO ... SELECIONADO.....	73

1 INTRODUÇÃO

A globalização da economia vem provocando mudanças na estrutura produtiva internacional e acirrando a busca por melhor competitividade. Neste contexto cresce a preocupação com a eficiência e a produtividade nas diferentes cadeias produtivas. Isso faz com que as empresas reavaliem suas metas e seus métodos para assegurar a viabilidade, e a competitividade, levando os formuladores de política econômica dispensarem maior atenção ao estudo da eficiência e da produtividade. Sob uma perspectiva aplicada, esse tipo de estudo é muito importante porque seus resultados podem conduzir a uma economia substancial de recursos, pois os ganhos em eficiência e produtividade são importantes para as empresas em ambientes competitivos (FARREL, 1957).

Neste cenário, insere-se a Tupy Fundições, a maior fundição da América Latina e uma das maiores do mundo entre as fundições independentes. Fundada em Joinville, Santa Catarina, região Sul do Brasil, em 9 de março de 1938, a Tupy tem sua trajetória associada à própria história do setor metalúrgico no país. Seus primeiros produtos foram conexões de ferro maleável para instalações hidráulicas, segmento no qual logo se destacou como líder.

Devido à sua posição de destaque no cenário nacional a empresa adotou, a partir de 1996, a estratégia de ser uma *global player*¹. Esta estratégia foi precedida de algumas importantes medidas que são contínuas, dentre elas a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade. Diante disso é de importância fundamental o desenvolvimento de sistemas de avaliação da qualidade e da produtividade.

No tocante à qualidade, a avaliação realizada pela empresa tem se dedicado basicamente ao controle do refugo e à prevenção de falhas que geram retrabalho. No âmbito

¹ *Global player* é toda empresa que assume a posição de ser uma competidora a nível mundial

geral, um esforço para consolidar a qualidade dos produtos produzidos, a empresa já conseguiu certificação com as normas ISO 14001 e ISO/TS 16949, dentre outras.

A produtividade de uma unidade de produção é freqüentemente entendida como sendo a razão entre o valor ou quantidade de seus produtos e o valor ou quantidade de seus insumos, sendo bem fácil de computar se a unidade tomadora de decisão usa um único insumo para produzir um único produto (SILVEIRA, 2000). Como a grande maioria das unidades utiliza vários insumos para produzir vários produtos, deve-se agregar os insumos no denominador e os produtos no numerador, de tal modo que a produtividade continue sendo o quociente entre duas grandezas escalares. Este tipo de produtividade varia devido às diferenças na tecnologia de produção, às diferenças na eficiência do processo produtivo e às diferenças no ambiente em que ocorre a produção. O componente da produtividade, que decorre de diferenças na eficiência do processo produtivo, é freqüentemente denominado de “eficiência produtiva”.

A eficiência produtiva de uma unidade tomadora de decisão, por sua vez, é medida através da comparação entre valores observados e os valores ótimos de seus produtos e insumos (SILVEIRA, 2000). Esta comparação pode tomar a forma da razão entre a produção observada e a produção potencial máxima alcançável, dado um conjunto de insumos, ou a forma da razão entre o montante mínimo de insumo requerível e o montante efetivamente empregado, dado um conjunto de produtos, ou alguma combinação destas duas razões. Nestas duas comparações, o valor potencial ou ótimo é definido em termos de possibilidades de produção e a medida da eficiência é eminentemente técnica (eficiência técnica). Quando o ótimo é definido em termos de custos, receitas, lucros, ou qualquer outro objetivo da unidade tomadora de decisão sujeito a restrições de quantidades e de preços, a eficiência em questão é a econômica (eficiência alocativa).

O processo de mensuração destas medidas de performance do produtor, via envelopamento dos dados limitados por regiões de máxima produção ou de mínimo custo

(fronteira), envolve uma boa variedade de técnicas econométricas e de programação matemática, neste último caso englobadas sob a denominação de análise envoltória de dados (*data envelopment analysis* – DEA)

A estimativa da eficiência com a qual uma empresa opera pode ajudar na decisão sobre como melhorar o seu desempenho atual ou introduzir novas tecnologias para aumentar a produção com racionalidade. É útil também para identificar o *gap* entre a produção potencial de uma tecnologia e o atual nível de produção obtido (KALIRAJAN, 1990). A estimativa da eficiência é útil ainda para fins estratégicos (comparação com outras empresas), táticos (permitir à gerência controlar o desempenho da empresa pelos resultados técnicos e econômicos obtidos), planejamento (comparar os resultados do uso de diferentes combinações de fatores) ou outros fatores relacionados à administração interna da empresa.

Tanto a eficiência quanto a produtividade são indicadores de sucesso, medidas de desempenho, por meio das quais as empresas são avaliadas. Somente medindo a eficiência e a produtividade e isolando seus efeitos daqueles relativos ao ambiente de produção, pode-se explorar hipóteses relacionadas às fontes de diferenças entre eficiência e produtividade. A identificação destas fontes é essencial para a instituição de políticas públicas e privadas (LOVELL, 1993).

Segundo Fried *et al.* (1993), quando altos níveis de eficiência e de produtividade e altas taxas de crescimento da produtividade são os objetivos desejados pelas empresas, torna-se importante definir e medir a eficiência e a produtividade de acordo com a teoria econômica, gerando informações úteis para formulação de políticas empresariais. Para estes autores, o desempenho de uma empresa é função do estado da tecnologia e do grau de eficiência de seu uso, com o primeiro definindo uma relação de fronteira entre insumos e produtos, e o segundo incorporando desperdícios e má alocação de recursos relacionados à fronteira.

No que diz respeito à produtividade, os principais indicadores acompanhados na Tupy Fundições têm sido: Hora homem/Tonelada, Toneladas/molde, molde/hora, toneladas/dia, produção (diária, semanal e mensal) de blocos e cabeçotes dentre outros. Tendo em vista que a empresa em estudo até o momento dispõe apenas de indicadores tradicionais de avaliação da produtividade, a presente pesquisa pretende avançar nesta questão.

Os sistemas tradicionais de avaliação da produtividade limitam-se a fornecer indicadores de produtividade total e parcial dos fatores de produção para cada produto e para cada fator de produção correspondente.

Os indicadores parciais revelam-se úteis apenas para comparações isoladas. Em outras palavras, quando se compara a produtividade da mão-de-obra de uma unidade produtiva com a de outra unidade e assim por diante. Quanto à produtividade total esta dificuldade reside, muitas vezes, na impossibilidade de se agregar os diferentes produtos produzidos.

Dessa maneira fica impraticável a emissão de um diagnóstico geral em termos comparativos, porque uma unidade produtiva pode ter um desempenho melhor que uma outra quanto a produtividade da mão-de-obra, porém pior do que aquela quanto à produtividade de capital por exemplo. Isto se deve à incapacidade dos índices de produtividade parcial de avaliar a performance global da produtividade.

O índice de eficiência produtiva adotado nesta pesquisa, essencialmente, é um índice de produtividade total dos fatores. A grande diferença é que enquanto esse último utiliza como numerador da equação as quantidades dos produtos efetivamente produzidos, na primeira formulação emprega-se as quantidades (ou valores) ótimos dos produtos.

Assim, o tema central da presente pesquisa é estimulado não só pela oportunidade de se efetuar a mensuração sob a ótica da eficiência técnica, como também de se comparar o desempenho das duas principais linhas de produção da empresa quanto ao referido aspecto.

Nesta direção, a pesquisa propõe-se a avaliar a eficiência técnica das linhas de produção de blocos/cabeçotes da Unidade Blocos Joinville, sob a ótica da produção, mediante o emprego da análise econométrica de fronteira estocástica.

Os índices de eficiência técnica apurados indicarão em que meses cada linha de produção foi mais ou menos eficiente, em termos de alcance da produção ótima. Estes resultados, confrontados com os indicadores tradicionais, proporcionarão uma nova visão para a intervenção dos tomadores de decisão.

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo principal mensurar os índices de eficiência técnica com que operaram as linhas de produção E0 e EII da Tupy Fundições no período janeiro/2000 à dezembro/2003. Além desse objetivo, também se espera comparar os níveis de eficiência técnica entre as duas linhas de produção em estudo, bem como a sua relação com as variáveis, matéria prima, material de processo, energia elétrica, mão-de-obra dentre outros e identificar possíveis causas de ineficiências localizadas e propor medidas para corrigir ou amenizar as ineficiências registradas.

Esta dissertação é composta por sete seções. Após a introdução, apresenta-se o Setor de Fundição no Brasil e a Tupy Fundições, abordando sua origem, trajetória, unidades produtivas, dentre outros aspectos.

Nas seções 4 e 5 contém os aspectos metodológicos referentes ao marco teórico, modelos econométricos de fronteira e aplicação do modelo de análise de fronteira estocástica de produção industrial.

Na seção 6, realizam-se as tarefas de estimação, verificação e interpretação dos resultados, cujas conclusões e considerações finais pertinentes são apresentadas na última seção.

2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE FUNDIÇÃO

2.1 INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO NO BRASIL

O Brasil tem uma vocação para ter uma forte indústria de fundição. Essa vocação é devido aos recursos naturais, matérias-primas, energia e a tecnologia que o Brasil dispõe não somente neste momento mas com certeza há muitos anos.

O desempenho da indústria de fundição observado nos sete primeiros meses do ano, mostra uma produção crescente com um volume produzido que supera igual período do ano passado em 22,5%. Este resultado continua muito acima da expectativa que era de um crescimento de 14% este ano, conforme pesquisa entre os associados da ABIFA (Associação Brasileira de Fundição) realizada no final de 2003. As exportações diretas que em parte são as responsáveis por estes resultados, apresentaram um volume 36,1% maior que os sete primeiros meses do ano passado e em valor 43,1%.

2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SETOR DE FUNDIÇÃO

O Setor produtor de peças fundidas em ferro, aço e ligas não ferrosas é um segmento da economia que emprega cerca de 47.200 trabalhadores, faturou 2,9 bilhões de dólares em 2003, em cerca de 1.200 empresas (base 2003). A maioria dessas empresas é de pequeno e médio porte, predominando o capital nacional.

O Setor de Fundição tem por característica principal o uso intensivo de mão-de-obra e suas matérias-primas, todas de origem nacional, conferindo-lhes uma independência do mercado externo. Portanto, gera um número significativo de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva de fundição. Com exportações crescentes e basicamente a inexistência de

importação, contribui para que a balança comercial de nosso País alcance um resultado sempre positivo.

Entre as matérias primas utilizadas pelas fundições, destacam-se principalmente o ferro gusa e os ferroligas.

- a) Ferro gusa: é a principal matéria-prima para as fundições de ferro. O ferro gusa é originário do minério de ferro, item este no qual o Brasil é o 2º maior produtor mundial. O ferro gusa derivado deste minério, abastece plenamente o consumo interno brasileiro permitindo ainda a exportação de 60% de sua produção.
- b) Ferroligas: O Brasil também é auto suficiente nesta matéria-prima, existindo um excedente que é exportado equivalente também, como no caso do ferro gusa, a 60% de sua produção.

A indústria de fundição é também um grande consumidor de energia elétrica e no Brasil, com suas dimensões continentais, 87% desta energia é de origem hidráulica com um potencial de 322 TWh.

2.3 PRODUÇÃO DE FUNDIDOS

No cenário mundial o Brasil é o 10º produtor de fundidos (base 2002), superando países como Espanha, Coreia e Turquia, por exemplo. As condições naturais do Brasil mostram toda uma potencialidade do setor para se tornar um dos maiores produtores mundiais.

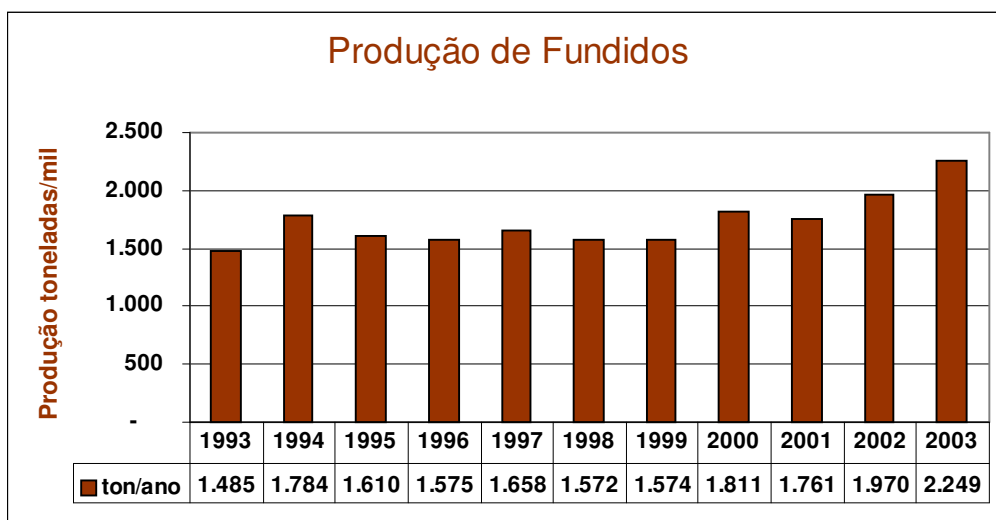
Há necessidade de investimentos para melhorar a posição no cenário mundial e firmar-se como um exportador natural de fundidos. Na Tabela 1 é apresentado o ranking dos países produtores de fundidos.

Tabela 1 – Ranking dos países produtores de fundidos – 2003

Colocação	País	Produção Toneladas
1º	China	16.261.563
2º	E.U.A.	11.811.742
3º	Rússia	6.700.000
4º	Japão	5.751.760
5º	Alemanha	4.595.442
6º	Índia	3.267.000
7º	França	3.018.180
8º	Itália	2.440.566
9º	México	2.030.000
10º	Brasil	1.970.631
11º	Coréia	1.713.500
12º	Espanha	1.628.620

Fonte: ABIFA, (2004)

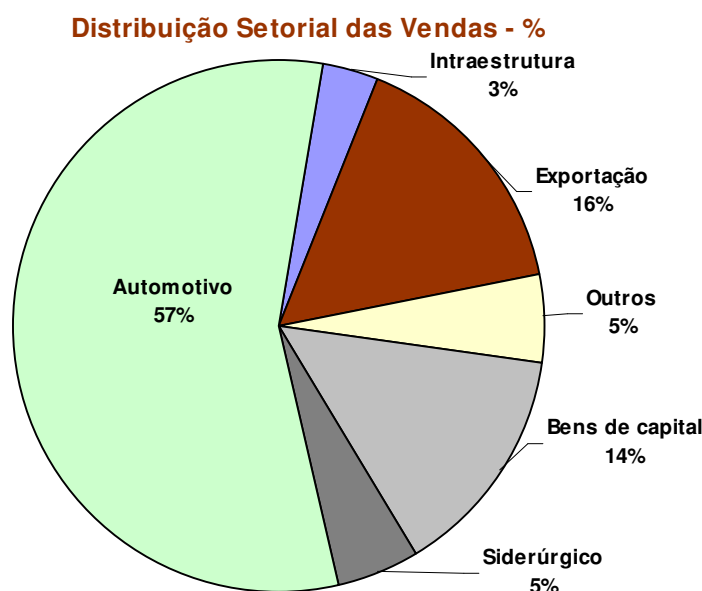
A produção brasileira de fundidos em toneladas, mostra crescimento nos últimos 5 anos, ficando estabelecido em 2002 e 2003 novo recorde no volume de produção de peças fundidas, Com exceção de 2001, por conta de uma crise energética e atentados terroristas nos E.U.A.



Fonte: ABIFA, (2004)

Figura 1 - Produção brasileira de Fundidos (toneladas)

Da produção das indústrias brasileiras, 56,7% destina-se à indústria automotiva, abastecendo fabricantes de componentes automotores, autopeças e as próprias montadoras de automóveis, caminhões, ônibus e tratores. O segmento automotivo dá mostras do potencial do mercado brasileiro com os investimentos realizados e principalmente com a vinda para nosso País de montadoras da Europa, Ásia e EUA. Na seqüência, inicia-se de imediato o processo de nacionalização e em diversos casos a nossa qualidade tem nos transformado em fornecedor mundial dessas empresas. O Brasil possui a 9ª frota mundial de veículos, cerca de 19,3 milhões de veículos e ainda uma alta relação de habitantes/veículo (8,8 em 2000) que o deixa muito atrás dos países do primeiro mundo e até de outros países da América Latina.



Fonte: ABIFA, (2004)

Figura 2 - Distribuição setorial das vendas de Fundidos

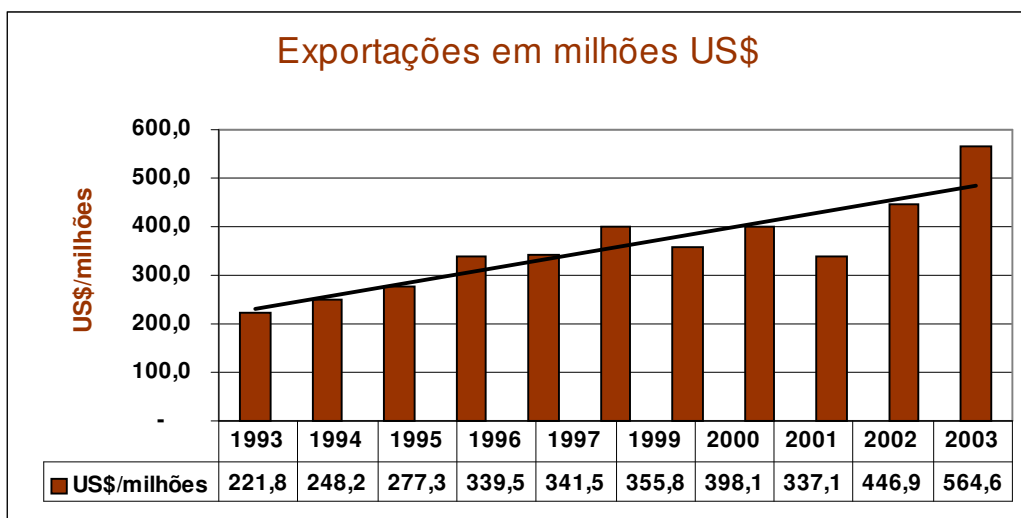
Outros segmentos que merecem destaque são as indústrias de Bens de Capital, Siderurgia e a Ferroviária. A primeira tem um desenvolvimento que reflete o comportamento da indústria como um todo. A Siderurgia após sua privatização e reestruturação em grandes grupos tem se destacado no mercado internacional. O Setor Ferroviário também após ter

passado para a iniciativa privada e atualmente com papel da maior importância dentro das exportações brasileiras, está voltando à condição que teve no passado como grande consumidor da indústria de fundição.

A importação de fundidos em bruto atualmente é irrelevante, e quando ocorre é de forma indireta na importação de conjuntos como: motor e componentes automotivos, bens de capital, veículos montados, etc. Por outro lado, a vocação do país na área de Fundição, faz com que as exportações venham crescendo ano após ano.

A Figura 3 mostra a evolução das exportações de fundidos de 1993 ao ano 2003. Cabe destacar que desde 1999 as exportações vêm crescendo em média 12,2% a.a. incluindo o ano de 2001 com decréscimo de produção pelo racionamento da energia elétrica.

A indústria de fundição tem condições de colaborar com a nacionalização exigida pelos novos investimentos que estão se implantando no Brasil, colaborar também através da exportação indireta (de nossos cliente) e ainda se tornar um grande fornecedor dentro da política de *global source*.



Fonte: ABIFA, (2004)

Figura 3 - Exportações de fundidos (US\$/milhões)

2.4 PROJEÇÃO DA DEMANDA, PRODUÇÃO E CAPACIDADE INSTALADA

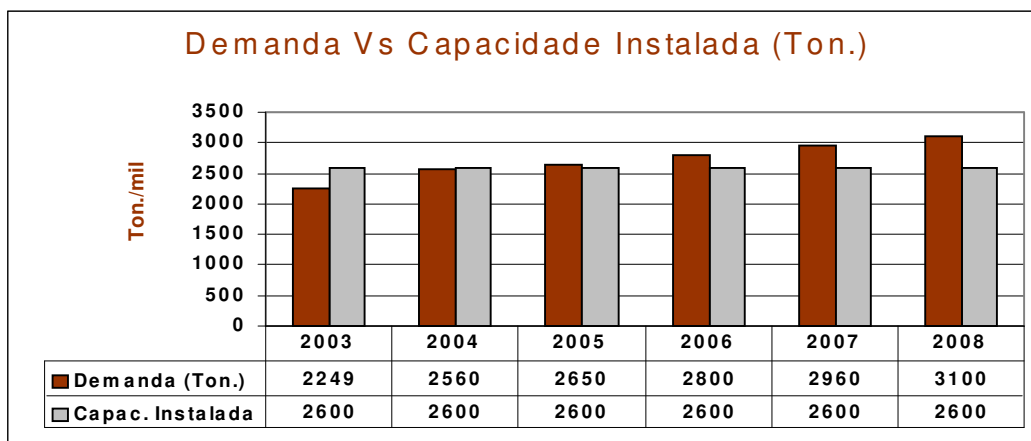
A produção necessária para atender a demanda futura pode ser calculada com base no desempenho dos segmentos consumidores de peças fundidas, citados anteriormente, conforme pode ser analisado na tabela 2.

Tabela 2 - Projeção da demanda de Fundidos (em mil ton) – 2004

	REAL	PROJEÇÃO				
Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mercado Interno	1.888	2.180	2.250	2.370	2.480	2.580
Mercado Externo	361	380	400	430	480	520
MI + ME	2.249	2.560	2.650	2.800	2.960	3.100

Fonte: ABIFA, (2004)

Contra esta necessidade de fundidos, o Setor dispõe atualmente de uma capacidade instalada de 2.600 mil toneladas/ano, gerando um déficit de produção no curto prazo que pode ser observado na figura 4. Este déficit indica uma necessidade de investimento no referido setor, ou seja, uma grande oportunidade para novos ou atuais investidores.



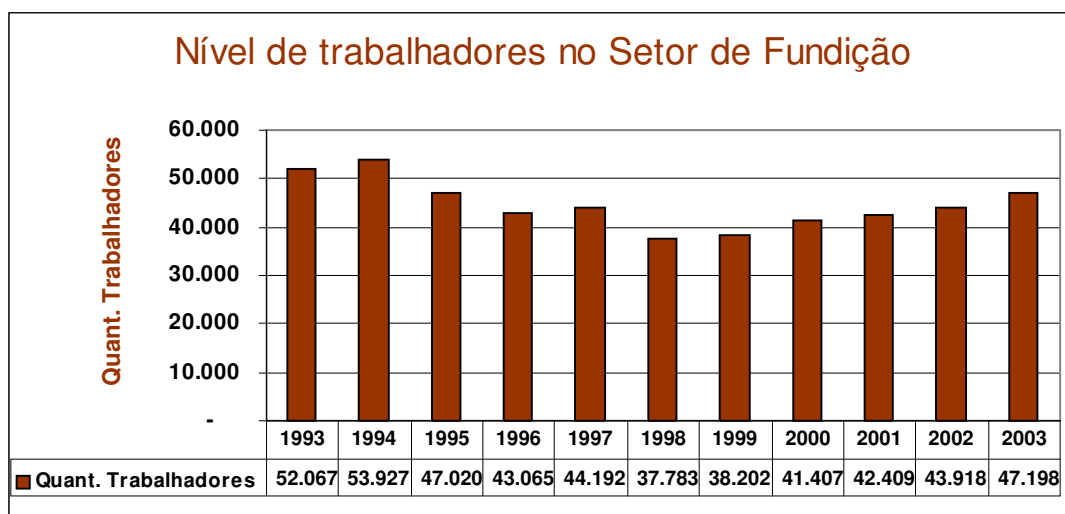
Fonte: ABIFA, (2004)

Figura 4 - Demanda de fundidos Vs Capacidade Instalada

2.5 MÃO-DE-OBRA

O Setor como outros segmentos da economia procurou se adequar a uma nova realidade com abertura de mercado e globalização em que o aumento da produtividade, através da racionalização de seus recursos humanos e da mecanização, tornou-se fundamental para manutenção das empresas no mercado. O Setor de Fundição possuía 66 mil trabalhadores em 1990 teve o seu nível de emprego reduzido para 37 mil em 1998 e vem se recuperando desde então, atingindo em dezembro de 2003 cerca de 47.000 empregados.

Na figura 5 mostrada a seguir, pode ser observada a variação do número de empregados nas fundições de 1993 à 2003.



Fonte: ABIFA, (2004)

Figura 5 - Quantidade de trabalhadores no Setor de Fundição

Traçando um paralelo com a indústria siderúrgica, o Brasil tem uma capacidade instalada próxima da exaustão que vem se adequando a demanda, porém no caso brasileiro, com grandes sacrifícios pelas condições de mercado. O produto fundido, a exemplo do siderúrgico, é básico na maioria das cadeias produtivas. A sua essencialidade é indiscutível e

é fundamental na indústria automotiva, ferroviária, bens de capital, etc., é um produto de baixo valor unitário por peso, o que inviabiliza financeiramente sua importação. Havendo novos investimentos, que proporcionem a expansão da produção, o Brasil não terá que recorrer à importação, continuando por consequência, a auxiliar na balança comercial positiva do País.

3 TUPY FUNDIÇÕES LTDA

A Tupy Fundições é a maior fundição da América Latina. Está sediada em Joinville, Estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil com unidade produtiva em Joinville e Mauá (região do ABC – São Paulo) e escritórios no exterior. Aos 66 anos de existência, é uma empresa consolidada como *global player* de 1ª classe em tamanho, qualidade de produtos e confiabilidade como fornecedor permanente, no Brasil e no exterior.

Certificada pelas normas ISO 14001² e ISO/TS 16949³ dentre outras, a Tupy se consolida como *global player* no mercado de fundição graças à qualidade dos seus produtos e à confiabilidade como fornecedor permanente.

Atualmente a Tupy Fundições Ltda. está capacitada a atender uma demanda de aproximadamente 450 mil toneladas/ano, sendo 400mil toneladas/ano em Joinville e 50 mil toneladas/ano em Mauá. Seu parque industrial em Joinville tem área total de 1 milhão e 200 mil m² e área construída de 172 mil m² e em Mauá dispõe de 100 mil m² de área total e 36 mil m² de área construída. A Tupy empregou no final de 2003 um total de 7095 colaboradores, sendo 6109 na unidade de Joinville e 986 na unidade de Mauá que em 2003 produziram mais de 365 mil toneladas, entre blocos e cabeçotes para motores, peças de engenharia, conexões, granelhas e perfis. Do total da produção, 50% foram absorvidos pelo mercado interno e o restante destinado à exportação.

² NBR ISO 14001:1996 - Sistemas de gestão ambiental

³ Technical Specification - ISO/TS 16949:2002 Quality management systems.

3.1 HISTÓRICO

A Tupy foi fundada oficialmente em 09 de março de 1938, por Albano Schmidt, localizada em um terreno com área de 8.176 metros quadrados, na Rua Pedro Lobo, em Joinville SC, atuando inicialmente no mercado de conexões em ferro maleável.

Em 1941, a referida empresa obteve o reconhecimento pela Comissão Nacional de Similares, de que os produtos produzidos pela mesma tinham o nível de “similares aos estrangeiros”. Com essa conquista, estabelecia-se uma nova era para empresa, que em pouco mais de três anos de atividade, conseguiu desenvolver tecnologia própria que se igualava a das fundições dos países de primeiro mundo.

Outro momento importante para o crescimento da Tupy foi com a explosão da Segunda Guerra Mundial. Na época, interrompeu-se o fornecimento de conexões da Europa para os demais países. A Tupy teve a oportunidade, de fato, de colocar as suas conexões no mercado brasileiro.

Terminada a Segunda Guerra Mundial, Albano Schmidt sentiu a necessidade de transferir a empresa para um local afastado do centro; um dos motivos foi a necessidade de que a empresa pudesse crescer ordenadamente.

Após análises e estudos, Albano Schmidt decidiu que o novo parque industrial poderia ser instalado no bairro Boa Vista, às margens da Lagoa do Saguacú. Os serviços de instalação da fundição mecanizada exigiram investimentos contínuos e serviços ininterruptos de 1948 a 1954, além da mobilização de grupos especiais de trabalho para sua correta instalação no terreno do Boa Vista, que já possuía princípios de ocupação racional da área, com vista a futuras expansões.

3.2 ADMINISTRAÇÃO DIETER SCHMIDT

Depois de 33 anos de dedicação em 24 de abril de 1958, aos quase 58 anos de idade, morre em São Paulo, por problemas de saúde, o grande fundador e inspirador da Tupy, Albano Schmidt. Indicado pelo pai ainda em vida, aos 26 anos de idade, com uma breve experiência no comando de empresa, Dieter Schmidt, filho de Albano, assumiu a presidência da Fundação.

A presença de um jovem empresário na presidência da empresa, alterou significativamente o seu metabolismo. A empresa mantinha ainda, sua primeira geração de administradores e executivos. Dieter reformulou totalmente o organograma administrativo da empresa, ocasionando a substituição dos irmãos de Albano, Arno e Eugênio.

Nos tempos de Albano, o país vivia uma transição de país agrícola para industrial. Nos tempos de Dieter, o país numa primeira fase, viveu a consolidação do processo de nacionalização da indústria automobilística, depois, numa segunda fase, a administração de Dieter coincidiu com os tempos de acelerado crescimento econômico do País, pós 1964, a Tupy acompanhou esses ciclos de crescimento e transformou-se não apenas na pioneira do ferro maleável no continente sul-americano, como também na maior fundição independente da América Latina e 5ª maior do mundo.

3.3 INTERNACIONALIZAÇÃO

A partir de 1961, a Tupy avançou na diversificação, optando pelo setor químico-plástico, participando como acionária da fábrica de Tubos de P.V.C. Guararapes, em

Pernambuco. Foi fundada também a Tupy Nordeste, que liderou o mercado nordestino na área de tubos e conexões de cloreto de polivinila, o popular P.V.C.

Em 1976, foi constituída a primeira subsidiária da Tupy controlada no exterior - a *Tupy American Foundry Corporation*, com sede em Lancaster, no Estado da Pensilvânia. Tinha como objetivo coordenar/gerenciar as vendas de conexões e peças nos Estados Unidos.

Em 1977, é criada a subsidiária européia, com sede em Hamburgo, na Alemanha - a *Tupy Handelsgesellschaft mbH*, que atuava em todo o continente europeu, com as mesmas responsabilidades básicas de coordenar as vendas e assistência técnica dos produtos Tupy, em especial as conexões hidráulicas, peças para a indústria automobilística e para linhas de transmissão elétrica.

Em 1981 faleceu o Sr. Hans Dieter Schmidt, em acidente aéreo. Nesta oportunidade exercia o cargo de secretário da Indústria e Comércio do estado de Santa Catarina. Durante a ausência do Sr. Dieter no comando da Tupy, exercia o cargo de presidente executivo da referida empresa o Sr. Heinrich W. Berg.

3.4 NASCE O GRUPO EMPRESARIAL TUPY

Em agosto de 1984, assumiu a Presidência da *Holding* o Sr. Raul Schmidt, sendo vice-presidentes Adolar Pieske, Kurt Mokross e Mário Egerland. A partir de fevereiro do ano seguinte o Grupo Tupy passa por uma série de alterações administrativas, atuando sob um novo enfoque empresarial.

A amplitude dos negócios, bem como a diversificação do grupo em quase duas dezenas de empresas justificaram a nova ordenação organizacional e societária, estabelecendo um direcionamento estratégico sob a forma de administração corporativa.

Foram criados os setores metal-mecânico e químico-plástico e a *holding* Tupy S/A., como empresa controladora, passa a exercer funções de planejamento, controle, apoio e coordenação estratégica das empresas do grupo.

A Tupy passou por inúmeros caminhos, ou seja, num determinado momento sua estratégia era a diversificação, tendo como meta “Ser Grande para Crescer”. Além disso, possuía uma estrutura organizacional verticalizada por funções, tornando-se “pesada”, devido às funções repetidas. Desta forma, a empresa possuía muitos níveis hierárquicos com uma burocracia fortemente estruturada em padrões que, conseqüentemente, resultava na morosidade do processo decisório.

O processo de gestão tinha uma dependência em controles gerenciais e regras, uma vez que possuía um grande número de diretores e gerentes, fazendo com que eles se tornassem muito operacionais. Neste processo, um ponto forte era o paternalismo e acima de tudo resistência às mudanças.

Com relação a estrutura financeira, a empresa possuía baixa capitalização sendo alavancada com financiamentos.

3.5 FIM DA GESTÃO FAMILIAR

Depois de 57 anos nas mãos da família Schmidt, a Tupy passou por uma grande mudança. Em outubro de 1995, pressionada por uma dívida próxima de 200 milhões de dólares, dos quais 60% venciam em doze meses, a família transferiu o controle acionário da Fundação Tupy, para um *pool* formado por Previ, Telos, Aerus, BNDESPAR, Bradesco, Ceres e outros, cuja estratégia centrava-se na transformação da empresa em uma fundição de “classe

mundial”. Com a transferência da Fundação Tupy, para os novos controladores, a família Schmidt permaneceu com o segmento plástico - Tupy Termotécnica.

Após a diversificação dos negócios ocorrida na década de 80, a referida empresa passou por alguns processos essenciais.

O Processo “Acordar” caracterizou -se pela conscientização do acionista sobre a necessidade de mudanças, o que levou ao ‘Ponto de Mudança’ em fevereiro de 1991, quando foi alterada a administração superior da Tupy, profissionalizando o Conselho e a Diretoria.

Nesta oportunidade assume a Presidência do Conselho Dr. Wolfgang Sauer. Na mesma ocasião, procedeu-se a sucessão da diretoria executiva, passando a assumir o cargo de Presidente Executivo, Mário Egerland, há 18 anos no grupo, e então, vice-presidente do setor químico-plástico.

O Processo “Visão” caracterizou -se pela formação da “Visão” que passou a orientar a focalização das mudanças, sendo a base para o comprometimento de todos os colaboradores. Na convicção de que “Visão é Criatividade Para Construir o Próprio Futuro”, foi assumida a eliminação de barreiras, fronteiras e limites, visando focalizar somente oportunidades infinitas.

O Processo *Downsizing*, absolutamente necessário, caracterizou-se pelo redirecionamento estratégico, abandonando a estratégia de ‘Diversificação’ para assumir uma estratégia de ‘Concentração’ no *Core Business*. Como consequência, foi implementada uma reestruturação organizacional, eliminando ‘Grupo Empresarial’, para assumir o conceito de ‘Uma só Empresa’. Desta forma, todos os demais negócios ou foram vendidos e/ou desativados.

Pretendeu-se com esta mudança de direcionamento estratégico viabilizar a Tupy dentro da nova realidade do ambiente econômico-empresarial brasileiro, fruto das mudanças

implementadas pelo Governo Federal, mudando a economia brasileira de mercado interno protegido pelo mercado de competição livre em nível global.

Para completar este processo, houve também uma redução de custos operacionais através de compactações na estrutura administrativa; eliminação de níveis hierárquicos, flexibilização da estrutura administrativa; simplificação dos processos gerenciais; direcionamento dos recursos para o essencial; corte de suportes marginais; terceirização de atividades não essenciais e implantação do programa de corte de despesas gerais. Dessa forma as ações descritas acima, propiciaram economias da ordem de US\$ 37 milhões/ano.

Em 1998 foi adquirida a Fundação Mauá, antiga unidade de Fundação da Cofap (região do ABC – São Paulo).

Atualmente a Tupy é presidida pelo economista e mestre em economia pela FGV-RJ, Sr. Luiz Tarquinio Sardinha Ferro, ex-diretor presidente da Previ (Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil). Foi indicado pelos acionistas para assumir o cargo de Diretor Presidente da Tupy S.A., tendo como um dos principais objetivos, já atingido, a renegociação da dívida da empresa.

3.6 VISÃO, MISSÃO E POLÍTICA DA QUALIDADE

O mundo hoje é marcado constantemente por turbulências e mudanças rápidas, fazendo com que a tecnologia e a velocidade de produção aumentem a concorrência dentro de um mercado cada vez mais aberto. Podemos considerar que, para vencer o desafio de sobreviver, uma empresa precisa desenvolver uma visão aberta, tomar a iniciativa e atuar com agilidade e capacidade de adaptação às mudanças.

Dessa forma, iniciou-se a transformação na Tupy. Foram definidos novos valores, novos processos gerenciais e um novo papel social. Essas mudanças estão baseadas na valorização do ser humano e dirigidas para uma relação com o cliente. A Tupy entra no processo de mudança tornando claro o que quer ser, reconhecendo que isso só pode ser feito com o trabalho das pessoas, buscando a melhoria de todos os processos e estabelecendo formas de valorizar o potencial criativo dos seus colaboradores.

Como visão a Tupy pretende ser fundição ‘classe mundial’, a número 1 nos segmentos focados no mercado global e também uma empresa sem fronteiras.

Para atingir seus objetivos tem como missão:

“A ‘Tupy’ são pessoas que trabalham em time para satisfazer as necessidades de seus clientes. Cada pessoa é um importante e valioso membro do time. Cada um se empenha, com cabeça, coração e coragem, para atuar com excelência, assegurando um serviço confiável, econômico e de qualidade. Todos se orgulham em a Tupy ser a ‘Número 1’ e ‘MELHOR’ na busca da satisfação do cliente. Ser ‘Melhor’ significa ser uma empresa ‘Classe Mundial’.”

A Política da Qualidade e do Meio Ambiente da Tupy é a seguinte:

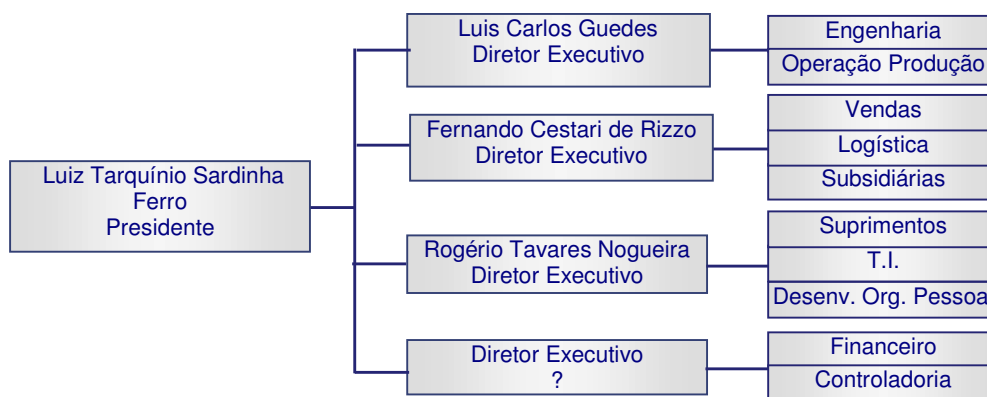
- a) ser empresa classe mundial;
- b) exceder as expectativas dos clientes;
- c) promover o contínuo desenvolvimento das pessoas;
- d) promover a melhoria contínua da qualidade dos processos, produtos e serviços, relativos a fundição e usinagem, e da qualidade do meio ambiente;
- e) atender a legislação e outros requisitos do meio ambiente, aplicáveis aos produtos, processos e serviços; e
- f) promover o uso racional dos recursos naturais e reduzir emissões para o meio ambiente, prevenindo a poluição.

3.7 ORGANOGRAMA

A Tupy é administrada pelo presidente senhor Luiz Tarquínio Sardinha Ferro e pelos diretores executivos Comercial, Operacional, Administrativo e Controladoria/Financeiro (atualmente em aberto).

A empresa possui atualmente uma estrutura dividida nas áreas de negócios: Automotivos, Produtos Próprios e Usinagem, cujos gerentes respondem diretamente ao Diretor Operacional sobre os resultados da mesma.

O modelo organizacional da empresa pode ser considerado bastante amplo e está demonstrado de forma mais concisa na figura 6.



Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Figura 6 - Modelo Organizacional

A área de negócios de Produtos Próprios está dividida em: Conexões, Granalhas e Perfis. A área de negócios de Usinagem está dividida em: Usinagem de Peças e Usinagem de Blocos/Cabeçotes. A área de negócios de Automotivos está dividida nas unidades de Peças e Blocos/Cabeçotes.

Blocos e cabeçotes é o grande destaque entre os produtos que a Tupy fabrica para o sistema de motor. Produz também virabrequins, coletores de escape, capas de mancal, volantes de motor e eixos de comando de válvulas.

A aplicação dos produtos da Tupy destinadas ao mercado automotivo pode ser visualizada na figura 7.

Produtos

Blocos de Motor
Cabeçotes
Virabrequim
Coletores
Usinagem



Aplicação

- Veículos de passeio
- Veículos comerciais
- Máquinas agrícolas
- Máquinas de construção e mineração
- Geração de energia
- Propulsão marítima

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Figura 7 - Aplicação produtos Tupy (setor automotivo)

3.8 UNIDADE DE BLOCOS E CABEÇOTES

A Tupy possui duas unidades de blocos e cabeçotes, uma em Joinville e outra em Mauá (Fundição Mauá) que totalizaram em 2003 50% do faturamento da companhia, sendo que 47% somente na unidade Joinville e o restante na unidade Mauá. A unidade como um todo empregou no final de 2003 um total de 3200 colaboradores, deste total 2214 colaboradores pertencem à unidade de Joinville.

A Fundição de Blocos foi fundada em 1º de maio de 1975 em Joinville, com a presença do então Presidente da República Ernesto Geisel, sendo destinada inicialmente para a produção de blocos e cabeçotes para motores diesel, atualmente esta produção destina-se à motores diesel e gasolina.

Fundição de Blocos Unidade Mauá possui três linhas produção: Linha 1 (Nova), 2 e 3. Todas as linhas são destinadas à produção de blocos/cabeçotes, com velocidade e dimensões (mm) respectivamente: 60, 45 e 15 moldes/hora; 1600 x 1200 x 500, 1089 x 890 x 380 e 1473 x 1143 x 460 (Comprimento x Largura x Altura).

A Fundição de Blocos Joinville possui quatro linhas de produção: E0, E1, E2 e HD.

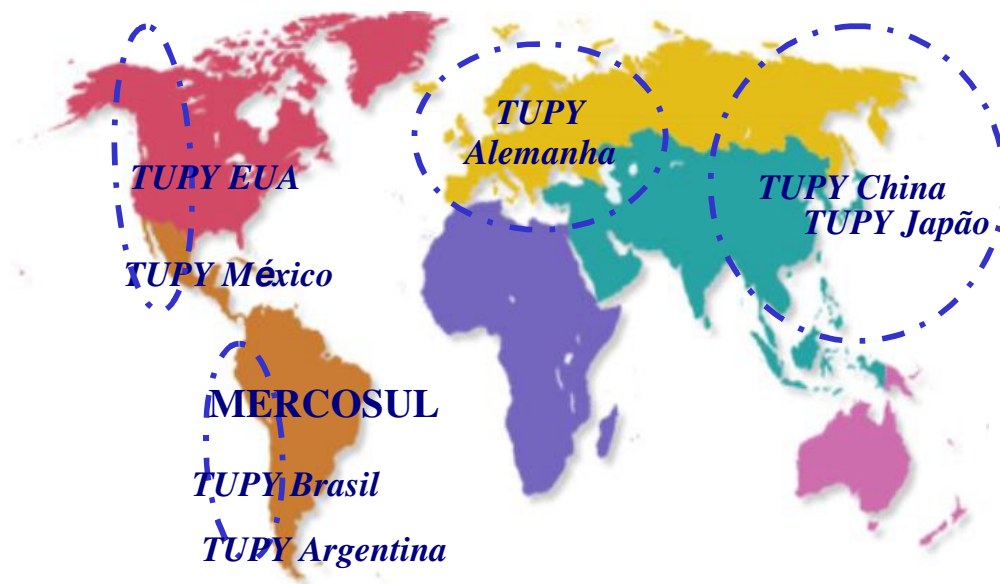
Linha de produção E0, foi a pioneira, portando foi a responsável pela inauguração da Unidade Blocos. Produz blocos e cabeçotes para a indústria automobilística. Sua moldagem possui uma velocidade de 81 moldes/hora, com dimensões (mm) 1100 x 900 x 350 (Comprimento x Largura x Altura).

Linha de produção E1, destinada à produção de peças automotivas. Sua moldagem possui uma velocidade de 190 moldes/hora, com dimensões (mm) 750 x 550 x 300 (Comprimento x Largura x Altura).

Linha de produção E2, é a linha de produção mais moderna da Tupy, destina-se à produção de blocos e cabeçotes semelhantes à linha de produção E0, pois possui as mesmas dimensões. Porém sua moldagem opera com uma velocidade de 108 moldes/hora, velocidade esta superior a Linha de produção E0 e inferior a Linha de produção E1. Deve-se ressaltar que as dimensões da moldagem da Linha de produção E1 é inferior.

Linha de produção HD (Heavy Dutty), destinada à produção de blocos pesados. Sua moldagem possui uma velocidade de 10 moldes/hora, com dimensões (mm) 1600 x 900 x 500 (Comprimento x Largura x Altura).

A produção destas linhas é destinada para a aplicação em veículos de passeio, comerciais, utilitários, máquinas agrícolas, dentre outras, sendo comercializados em quatro continentes, conforme figura 8.



Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Figura 8 - Cobertura de mercado

Os principais clientes desta unidade, em participação em tonelagem, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Principais clientes Unidade de Blocos e Cabeçotes – 2003

CLIENTES	Ton.	% PARTICIPAÇÃO Ton.
CUMMINS	5996	31,32
DAIMLERCHRYSLER	2927	15,29
G.M. - BLOCOS	2339	12,22
INTERNATIONAL	1569	8,19
SOGEDAC	1523	7,95
IVECO	648	3,38
VOLKSWAGEN	580	3,03
MWM	449	2,35

Fonte: Tupy Fundições, (2004)

Segundo o setor de Marketing da Tupy, a Fundição de Blocos e cabeçotes, pela sua performance foi agraciada com vários prêmios onde pode-se destacar: Prêmio CNI etapa nacional, por melhorias no processo produtivo; Prêmio de Qualidade em seu grau máximo pela Cliente Cummins Engine Company⁴.

3.8.1 Processo produtivo e áreas de apoio

Antes de se abordar o processo produtivo propriamente dito, é necessário descrever as principais áreas de apoio: Engenharia de Desenvolvimento de Produtos, Engenharia Metalúrgica, Engenharia da Qualidade.

3.8.1.1 Engenharia de desenvolvimento de produtos

Na Engenharia de Desenvolvimento de Produtos estão os especialistas em metalurgia e em fundição, engenheiros e técnicos que se dedicam a avaliar as características de cada nova peça a ser fabricada, desde a sua concepção até o início da produção em série.

Atuando lado a lado com os clientes, em Engenharia Simultânea, profissionais dessa área buscam soluções capazes de garantir o *state-of-the-art* dos fundidos que a Tupy, há mais de 60 anos, fornece ao mercado. A empresa conta com engenheiros de desenvolvimento de produtos e engenheiros residentes, estando estes nos Estados Unidos (Detroit e Indianápolis), Alemanha (Munique), Inglaterra (Laidon-Basildon) e no México (Saltillo).

Também é responsabilidade da área o desenvolvimento de todos os ferramentais necessários à fabricação dos produtos. Desenhos dos ferramentais de fundição são feitos em CAD (3D) e produzidos por CAM, garantindo assim alta precisão dimensional, total

⁴ Empresa global fabricante de motores diesel.

qualidade aos ferramentais, indiscutível qualidade aos fundidos e maior rapidez no desenvolvimento.

3.8.1.2 Engenharia metalúrgica

A Engenharia Metalúrgica atua em conjunto com a Eng. de Desenvolvimento de Produtos. Os profissionais que atuam de forma direta e como apoio à Unidade de Blocos e Cabeçotes são altamente especializados, composta por 5 engenheiros, sendo 1 doutor e 2 doutorandos em metalurgia e 6 técnicos, dos quais 2 estão cursando a faculdade de Engenharia de Fundição.

Estes setor aplica controles de qualidade muito rigorosos e avançados tecnologicamente, tornando um importante diferencial perante os concorrentes. Dentre estes controles pode-se citar: ultra-som, partículas magnéticas, raio x, além de modernos laboratórios.

Esta área também é responsável pela especificidade de matéria prima, proteção superficial das peças e embalagem.

Para simular o processo de fundição, a Engenharia Metalúrgica utiliza um software denominado MagmaSoft. Este software é capaz de simular desde o vazamento de ferro líquido até a solidificação do fundido, permitindo que o processo de desenvolvimento de uma nova peça seja realizado com toda a rapidez e confiabilidade.

3.8.1.3 Engenharia da qualidade

A Engenharia da Qualidade é responsável pela implementação e desenvolvimento de novas metodologias da qualidade dos produtos e processos de fabricação e pelo gerenciamento do negócio atuando em diferentes frentes como:

- a) laboratório metrológico, cuja função é assegurar a qualidade dos resultados de todos os meios de medição que afetam a qualidade do produto. Esta qualidade é assegurada por análises dos meios de medição e calibração;
- b) desenvolvimento de fornecedores, efetuando avaliações do sistema de qualidade e acompanhamento de desempenho dos mesmos. Quando necessário atua como apoio na melhoria da qualidade do fornecedor;
- c) auditorias de processo e produtos, atuando sistematicamente como auditores e como consultores no apoio na solução das não conformidades encontradas nas auditorias; e
- d) implementação e manutenção dos sistemas de qualidade conforme padrões normativos de qualidade da ISO e em especial dos requisitos específicos do mercado automotivo visando as certificações de qualidade.

3.8.1.4 Processo produtivo

O processo produtivo pode ser dividido em quatro partes principais:

- a) fusão: processo pelo qual o ferro líquido é obtido a partir da fusão de matérias-primas selecionadas e dosadas de acordo com as características desejadas. Neste estágio produtivo a unidade dispõe de fornos elétricos de indução tipo cadinho e sistemas duplex, além dos fornos cubilos à coque;

- b) macharia: os processos de macharia são bem específicos. O emprego de cada um deles depende diretamente das características técnicas exigidas dos produtos fabricados. Os processos podem ser *Hot Box*, *Cold Box*, dentre outros;
- c) moldagem: moldes de alta qualidade garantem a obtenção de peças conforme os requisitos especificados pelos clientes. Os processos e equipamentos de moldagem podem ser em areia verde ou em *Shell*, o que possibilita a garantia de qualidade das peças fundidas; e
- d) acabamento mecânico: o bom acabamento de um produto é o rótulo da sua qualidade. Este setor se dedica, com especial atenção à limpeza, rebarbação e usinagem dos itens produzidos. A limpeza é realizada em unidades de jato de granalha e em cabinas de jato dirigido, para limpeza interna.

4 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção descreve-se os principais aspectos metodológicos referentes à avaliação de eficiência técnica aplicada a organizações e/ou setores industriais encontrados em trabalhos com referencial teórico baseado em funções de produção e fronteiras de eficiência mensuradas por métodos econométricos.

4.1 ANTECEDENTES

Na literatura nacional, encontra-se Tyler (1980) que aplica e estima índices de eficiência técnica no nível de firmas para os setores siderúrgico e de plásticos no Brasil. Ele utiliza dois índices diferentes para as estimações empíricas – o índice de Farrell e um índice obtido por programação linear de uma função de produção de fronteira não-estocástica. Como variável representativa do capital, é utilizada uma variável-estoque que envolve o valor monetário do capital fixo físico da empresa ajustado à inflação; e, como variável-trabalho, é utilizado o número total de trabalhadores ocupados no ano.

Em ambos os setores, apenas uma pequena proporção de todas as firmas observadas produziam a níveis acima de 80% da produção tecnicamente possível na fronteira estimada. A eficiência relativa nos dois setores, vis à vis a estrutura de propriedade (estrangeira ou estatal), não pareceu significativa. Porém, os testes sugerem que as firmas maiores e detentoras de maiores parcelas do mercado se situam mais próximas da fronteira do que as pequenas empresas.

Tyler (1986), analisa a eficiência e características da propriedade industrial numa nação em desenvolvimento, efetuando um estudo do caso brasileiro. Neste estudo, o referido autor busca descrever a magnitude da atividade de empresas estrangeiras no setor

manufatureiro do Brasil, emitindo alguns juízos qualitativos sobre o desempenho econômico de diferentes grupos de empresas classificadas por propriedade; e emprega análise e estimativas de função de produção para avaliar a diferença relativa entre empresas privadas de propriedade doméstica, governamental e estrangeira com respeito a eficiência técnica e economias de escala.

Os cálculos interempresas são efetuados com dados *cross-section* de 850 estabelecimentos industriais. Como variável capital, é utilizado o valor nominal do capital físico da firma, ajustado à inflação e, como variável trabalho, é utilizado o total de empregados.

Como conclusão, o autor verifica que a participação estrangeira na economia industrial brasileira é mais extensiva do que em outros estudos realizados pelo autor, embora nada possa concluir sobre a lucratividade. As empresas governamentais e estrangeiras tendem a ser mais capital-intensivas que os empreendimentos industriais domésticos de propriedade privada

Alves (1998), faz uma análise da eficiência técnica da indústria de transformação e estado de Minas Gerais. Foi utilizado o método da função de fronteira eficiente (método proposto por Farrell, 1957) e analisa 281 observações através de um corte transversal de firmas. Ele consegue evidências de que as forças de mercado não punem a ineficiência, na medida em que um grande número de estabelecimentos que utilizam técnicas de produção muito ineficientes coexistem com estabelecimentos eficientes no setor industrial do estado.

Braga e Rossi (1986) mensuram a eficiência técnica da indústria brasileira em 1980, por meio da estimação de fronteiras determinística e estocástica de produção, para 136 indústrias. É adotada a função Cobb-Douglas, do valor adicionado sobre o número de empregados, a qualificação de mão-de-obra e o fluxo de serviços do capital. Os resultados revelam como a indústria mais eficiente, a de têmpera e cementação de aço e como a menos eficiente, a de curtimento e outras preparações de couro.

Barreto *et al.* (2002) analisam a evolução da produtividade total da indústria de transformação brasileira de 1985 a 1997, através das abordagens do índice de Malmquist e da fronteira estocástica.

Os resultados obtidos mostram que a redução das tarifas de importação teve um impacto negativo na eficiência técnica da indústria. Esse fato pode ter ocorrido pela velocidade com que se deu o processo de abertura comercial, sem que as empresas brasileiras estivessem preparadas para a concorrência externa, dessa forma, possa ter perdido parte do mercado doméstico o que contribuiu para a redução nos níveis de produção, afetando as escalas de produção e os níveis de produtividade. Este resultado é reforçado, quando se verifica que as indústrias de bens de consumo, apesar de serem mais protegidas, possuíam em média níveis de eficiência maiores do que a indústria de bens de capital intermediário.

Os ganhos de produtividade da indústria nesse período, segundo os autores, deve-se em parte à política cambial de desvalorização real e a estabilidade de preços. Em termos da variação da produtividade total dos fatores, a indústria teve um ganho de produtividade após a abertura, especialmente na indústria de bens de consumo. No entanto, esse ganho foi devido mais aos efeitos de novas tecnologias do que da variação da eficiência técnica.

Duarte (2003), analisa a fronteira tecnológica e a eficiência técnica na indústria brasileira no período de 1986 à 1995. Segundo a autora, a mudança tecnológica e a evolução da eficiência técnica são dois aspectos na avaliação do desempenho econômico de setores industriais que podem ser analisados simultaneamente com o emprego de funções de produção de fronteira estocástica, pois permitem especificações genéricas o suficiente para captar os efeitos, tanto dos movimentos da fronteira tecnológica quanto da disseminação da melhor prática produtiva (expressa da pela redução dos níveis médios de ineficiência técnica). Ela emprega funções de produção de fronteira estocástica e industriais brasileiros utilizando informações econômicas a nível de firma coletadas da Pesquisa Industrial Anual do IBGE.

Os resultados indicam grande diversidade de desempenho entre os diferentes setores no período 1986-1992, mas registram expansão para a grande maioria deles no período 1993-1995. Do ponto de vista de evolução de níveis médios de ineficiência técnica, o padrão se repete: muitos setores exibem tendência a aumento nesses níveis no período 1986-1992, mas apenas dois deles (elétrica e vestuário) não reverteram a tendência no período 1993-1995.

4.2 MARCO TEÓRICO E CONCEITO DE EFICIÊNCIA

Através da econometria tradicional, quando se estima uma função de custo ou de produção, encontra-se estimativas que melhor se ajustam às funções média de produção e/ou de custo. Este fato não é consistente com a teoria econômica de produção e/ou custo, pois estas funções descrevem, respectivamente, as regiões de máximo produto para cada combinação dos níveis de insumos e/ou uma combinação de custo mínimo para cada combinação dos níveis de produtos.

A chamada função de produção de fronteira (FPF) é uma implementação empírica do conceito de função de produção utilizado pela teoria econômica. Ela permite um maior entendimento sobre a melhor tecnologia disponível (*best practice*) e, conseqüentemente, sobre indicadores que reflitam as diferenças entre os níveis da produção. Em contraste com a formulação empírica clássica de “função de produção média”, a FPF incorpora a restrição de que nenhuma unidade produtiva seja capaz de exceder a um nível de produção máximo, dado o estado de desenvolvimento tecnológico.

De acordo com Lovell (1993), sempre que se discute sobre a performance de uma unidade produtiva, esta é descrita como sendo mais ou menos eficiente ou mais ou menos produtiva. A produtividade de uma unidade de produção é entendida pelo autor como a relação entre as quantidades de seus produtos e insumos. Tal relação é fácil de computar se a

unidade produtiva usa um único insumo para produzir um único produto. Contudo, o normal é a utilização de vários insumos para produzir um ou mais produtos. No caso de vários produtos, estes são agregados no numerador de alguma maneira economicamente apropriada, o mesmo devendo ser feito para os insumos no denominador. Assim, a produtividade permanece como a relação de dois escalares.

Para Lovell (1993), a produtividade varia devido a diferenças na tecnologia de produção, na eficiência dos processos de produção e no ambiente em que a produção ocorre. Quanto à eficiência de uma unidade produtiva, Lovell (1993) a entende como uma comparação entre os valores observados e os valores ótimos de insumos e produtos. Esta comparação pode assumir a forma de relação entre a quantidade do produto obtido e o seu nível máximo de produção, dada a quantidade do insumo utilizado - ou a relação da quantidade de insumo utilizado e o seu mínimo requerido para produzir, dada a quantidade de produto obtido, ou alguma combinação dos dois. Nesta comparação o ótimo é definido em termos de possibilidades de produção e a eficiência é técnica. O ótimo pode também ser definido em termos do objetivo comportamental da unidade produtiva. Neste caso, a eficiência é econômica e é medida comparando o custo, lucro ou receita observados, com o custo, lucro ou receita ótimos.

A eficiência de uma empresa, na dimensão dos insumos, também pode ser obtida a partir da estimativa de uma função de fronteira. A função de fronteira é o padrão em relação ao qual será medida a eficiência da firma observada. Esse é o caso das funções de produção, custo e lucro, todas definidas como conceitos de fronteira, ou seja, funções de fronteira de produção dão o máximo produto possível, dado algum nível de insumos. Similarmente, uma função fronteira de custo dá o nível mínimo de custo com o qual é possível produzir alguma quantidade de produto, dados os preços dos insumos. Finalmente, uma função fronteira de lucro dá o máximo lucro possível de ser atingido, dado o preço do produto e os preços dos

insumos. A importância desta abordagem na análise de eficiência é que desvios destas fronteiras podem ser interpretados como ineficiência.

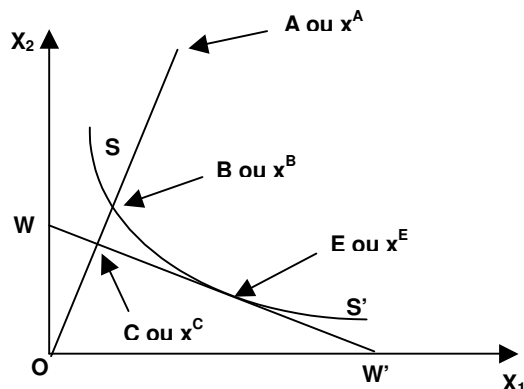
Os estudo sobre eficiência em economia tem como marco o trabalho pioneiro de Farrell (1957), que propõe a operacionalização empírica da idéia do custo mínimo. Farrell (1957) estima a isoquanta unitária eficiente usando programação linear e deriva desta especificação a medida de eficiência.

Nesse contexto, a função de produção é assumida com retornos constantes de escala e sua eficiência (eficiência produtiva) é decomposta em duas partes: em eficiência técnica e eficiência alocativa. Desta forma o uso excessivo de insumos é interpretado como ineficiência técnica, pois é possível reduzir proporcionalmente todos os insumos sem afetar (reduzir) a quantidade produzida. O raciocínio para a ineficiência alocativa é o mesmo, pois refere-se a proporções incorretas utilizadas dos fatores.

Desta forma, Farrell (1957) se concentrou na medição da eficiência na utilização dos insumos. Para definir a eficiência o referido autor tomou como exemplo uma firma empregando dois insumos x_1 e x_2 para produzir um único produto y . A tecnologia de produção foi resumida por uma função de produção linearmente homogênea, $y = f(x_1, x_2)$. Tal função pode ser escrita como $1 = f(x_1 / y, x_2 / y)$, permitindo que todas as informações relevantes sejam representadas por uma isoquanta unitária eficiente **SS'** (figura 9), caracterizando a tecnologia de fronteira. Considerando que a firma observada utiliza (x_1^0, x_2^0) para produzir y^0 , o ponto **A** na figura 9 representa $(x_1^0 / y^0, x_2^0 / y^0)$. Por definição, nenhuma firma pode ficar abaixo de **SS'**. A razão entre as distâncias da origem da Figura 9 ao ponto **B** e ao ponto **A**, ou seja **OB/AO** mede a (in)eficiência técnica, que é a razão dos insumos necessários para produzir y^0 , em relação aos insumos utilizados.

Considerando que a linha **WW'** é a curva de isocusto que representa a razão de preço dos insumos na Figura 9, então a razão entre as distâncias da origem da Figura 9 ao ponto **C** e

ao ponto **B**, ou seja, OC/OB mede a (in)eficiência alocativa, uma vez que o custo do ponto **C** é o mesmo que aquele do ponto **E**, alocativamente eficiente. O custo do ponto **C** é menor do que aquele do ponto **B**, tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente. Finalmente, a relação OC/AO mede a eficiência total ou eficiência econômica.



Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Figura 9 – Representação gráfica da análise de Farrell sobre eficiência técnica e alocativa

A eficiência técnica, ou seja, $ET = OB/AO$ será igual a 1 se a firma no ponto **A** puder alcançar **SS'**. Por outro lado se aproximará de zero quando a distância entre **B** e **A** aumentar. Portanto, a eficiência técnica varia de zero a 1. Operar no ponto **B** da figura 9 é ser tecnicamente eficiente, mas não representa a combinação mais lucrativa dos fatores de produção, dados os preços existentes. Portanto, a firma no ponto **A**, também tem uma ineficiência preço (alocativa), que varia de zero a 1 e é causada pela proporção incorreta (não ótima) dos fatores que utiliza. A eficiência alocativa da firma no ponto **A**, ou seja, $EA = OC/OB$, é a razão entre o custo de produzir sobre **SS'** com a proporção de fatores de **A**. A eficiência econômica da firma no ponto **A**, ou seja, $EE = OC/AO$ é o produto das medidas de **ET** e **EA**, isto é, $EE = ET \cdot EA$. Esta medida é igual a razão entre o custo unitário de produzir com a melhor tecnologia (ponto **E** da Figura 9) e o custo unitário de produção da firma **A** a preços correntes dos fatores (HEATHFIELD e WIBE, 1987).

Considerando \mathbf{x}^A , \mathbf{x}^B e \mathbf{x}^C vetores com coordenadas nos pontos **A**, **B** e **C** da figura 9 e que $\|\mathbf{x}\|$ é o comprimento do vetor \mathbf{x} , as medidas de eficiência de Farrell podem ser expressas de acordo com as equações dadas abaixo, ou seja:

$$ET(A) = \frac{\|\mathbf{x}^B\|}{\|\mathbf{x}^A\|} \quad (1)$$

$$EA(A) = \frac{\|\mathbf{x}^C\|}{\|\mathbf{x}^B\|} \quad (2)$$

e,

$$EE(A) = \frac{\|\mathbf{x}^C\|}{\|\mathbf{x}^A\|} \quad (3)$$

A (in)eficiência técnica, resulta do uso em excesso dos fatores, na obtenção de determinado nível de produção, enquanto a ineficiência alocativa resulta do emprego de fatores em proporções erradas. Em ambos os casos o custo de produção não será minimizado (FORSUND et al, 1980).

De acordo com Atkinson & Cornell (1994), uma firma é ineficiente tecnicamente se ela falha em utilizar o nível técnico mínimo de insumos dado o produto e o *mix* de insumos. Por outro lado, será alocativamente ineficiente quando a taxa marginal de substituição entre quaisquer dois de seus insumos não é igual à razão dos seus preços correspondentes.

5 METODOLOGIA

5.1 O MODELO DE ANÁLISE ECONOMÉTRICA DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA (SFA) DE PRODUÇÃO E A MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA

A fundamentação teórica deste estudo tem origem na proposição de Aigner, Lovell e Schmidt (1977) de uma função de produção de fronteira estocástica, considerando o erro adicional da variável, V_i , adicionado à variável aleatória não-negativa, U_i

$$\ln(y_i) = X_i\beta + V_i - U_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad 4)$$

A variável aleatória V_i contabiliza erros e outros fatores aleatórios, tais como efeitos de clima, greves, etc., no valor da variável de produção, em conjunto com efeitos combinados das variáveis de insumos não especificadas na função de produção. Aigner, Lovell e Schmidt (1977) assumiram que V_i é independente e identicamente distribuído, em uma distribuição normal com média zero e variância constante.

O modelo definido em (4), abreviadamente conhecido como ALS, é chamado de função estocástica de fronteira de produção porque os valores de produto são limitados por cima pela variável aleatória estocástica, $\exp(X_i\beta + V_i)$. O componente aleatório V_i pode ser positivo ou negativo e assim a fronteira estocástica de produção varia sobre a parte determinística da fronteira, $\exp(X_i\beta)$.

A estimação de funções de fronteira estocástica por máxima verossimilhança (MLE), sob qualquer hipótese distribucional para U_i , é direta. Ela se concretiza quando é atingido o valor máximo da correspondente função logarítmica de máxima verossimilhança ($\log L$).

Todas as estimativas produzidas por MLE são consistentes e assintoticamente eficientes (AIGNER *et al.*, 1977).

Quando da idealização do modelo ALS, em 1977, foi equacionado o cálculo da eficiência técnica média para todas as observações, mas não a sua estimativa para cada Unidade Tomadora de Decisão (UTD). A solução para o problema da decomposição veio cinco anos mais tarde com Jondrow et al. (1982).

Seis anos após, Battese & Coelli (1988) propuseram uma generalização dos resultados acima para dados de painel e U_i 's com distribuição semi-normal. Eles tomaram por base a função de produção de fronteira

$$\ln y_{it} = \ln fpf(X_{it}, \beta) + \varepsilon_i \quad 5)$$

onde: $i = 1, \dots, n$ e $t = 1, \dots, T$ indexam as UTD's e os períodos de tempo, respectivamente;

y_{it} é o volume de produção da i -ésima UTD no t -ésimo período de tempo;

X_{it} é um vetor dos insumos associados com a i -ésima UTD no t -ésimo período de tempo;

β é o vetor de parâmetros a estimar; e

$\varepsilon_{it} = V_{it} + U_i$, $U_i \leq 0$ tem as mesmas definições do modelo ALS.

Desta forma, para os referidos pesquisadores, a eficiência técnica de uma determinada UTD é definida como igual à razão entre a sua produção média (em unidades originais), a um dado nível de eficiência, e a correspondente produção média, se U_i fosse igual a zero, ou seja,

$$ET_i = \frac{E(y_{it}|U_i, X_{it})}{E(y_{it}|U_i = 0, X_{it})} \quad 6)$$

No caso da função de produção de fronteira ser definida pelo logaritmo da produção, a produção da i -ésima UTD no t -ésimo período é $\exp(y_{it})$, e a sua correspondente medida de eficiência técnica é

$$ET_i = \exp(U_i) \quad 7)$$

Esta medida é equivalente à razão entre a produção da i -ésima UTD, em um dado período t ,

$$\exp(y_{it}) = \exp(X_{it}\beta + V_{it} + U_i) \quad 8)$$

e o correspondente volume de produção, se U_i fosse igual a zero, qual seja,

$$\exp(X_{it}\beta + V_{it}) \quad 9)$$

Deixando de lado os modelos de dois-estágios utilizados até então, Kumbhakar, Ghosh e McGuckin (1991), Reifschneider e Stevenson (1991), Huang e Liu (1992) propõem modelos para a análise da ineficiência técnica envolvida na função de produção estocástica, em que os parâmetros da fronteira e os do modelo de ineficiência são estimados simultaneamente. As referidas especificações pressupõem a existência de uma distribuição associada com os dados de corte transversal das firmas da amostra.

Battese e Coelli (1995) estendem o modelo de Huang e Liu (1992) a um painel de dados e propõem uma especificação onde a eficiência é expressa como uma função de variáveis específicas, inclusive a “tendência temporal”, e um termo aleatório. Uma vez que este modelo atribui uma estrutura à eficiência técnica, é possível analisar a variação simultânea da fronteira de produção e da eficiência, discriminando as tendências associadas a deslocamentos da fronteira (em movimentos de expansão ou contração) das relacionadas à disseminação (ou não) da melhor prática produtiva.

Esta especificação apresenta a vantagem de relaxar a hipótese de níveis de eficiência técnica e fronteira tecnológica invariantes no tempo. Assim,

$$y_{it} = \beta_0 + X_{it}\beta + V_{it} - U_{it} \quad (10)$$

e

$$y_{it} = \beta_{0it} + X_{it}\beta + V_{it} \text{ e } \beta_{0it} = \beta_0 - U_{it} \quad (11)$$

onde y_{it} denota a produção/serviço da UTD i no tempo t ; X_{it} é um vetor de insumos associado às unidades sob análise em cada período de observação; β são os k parâmetros a serem estimados (β_0 representa o intercepto da fronteira de produção); V_{it} ’s são os choques estocásticos assumidos como *iid* em uma distribuição normal $N(0, \sigma_v^2)$ e distribuídos independentemente dos U_{it} ’s; U_{it} ’s são variáveis aleatórias não negativas associadas à ineficiência da produção - elas têm, por hipótese, distribuição normal truncada com média $Z_{it}\delta$ e variância σ^2 ; Z_{it} é um vetor de variáveis explicativas associadas à ineficiência técnica das firmas envolvidas no processo de produção; e δ é um vetor de coeficientes desconhecidos a ser estimado.

A eficiência técnica U_{it} é, por hipótese, uma função de variáveis “explicativas” Z_{it} ’s e de um vetor de coeficientes desconhecidos, δ . Espera-se que esse conjunto de variáveis esteja associado aos desvios da produção observada em relação à fronteira estocástica, $\exp(X_{it}\beta + V_{it})$. Os efeitos individuais relacionados à U_{it} podem ser especificados de acordo com

$$U_{it} = Z_{it}\delta + W_{it} \quad (12)$$

em que a variável aleatória W_{it} é definida pelo truncamento de uma distribuição normal com média zero e variância σ^2 , desde que o ponto de truncamento seja em $-Z_{it}\delta$, isto é, $W_{it} \geq -Z_{it}\delta$. Esta hipótese é consistente com o fato de U_{it} possuir uma distribuição truncada não negativa $N(Z_{it}\delta, \sigma^2)$.

O pressuposto básico deste modelo é que U_{it} e V_{it} são independentemente distribuídos para todo $t = 1, 2, \dots, T$ e $i = 1, 2, \dots, n$. A eficiência da firma i no tempo t de observação é definida por

$$ET_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-Z_{it}\delta - W_{it}) \quad (13)$$

e é baseada em uma média condicionada às hipóteses dadas. É importante observar que $Z_{it}\delta + W_{it} > Z_{it'}\delta + W_{it'}$, para $i \neq i'$, não necessariamente implica $Z_{it'}\delta + W_{it'} > Z_{it'}\delta + W_{it'}$, para $t' \neq t$. Conclui-se, portanto, que a mesma ordenação das UTD’s em termos da eficiência técnica da produção não se aplica em todos os períodos.

A aplicação da técnica de fronteira estocástica na análise de eficiência começou a ganhar impulso no início dos anos 90 com os modelos de um estágio parametrizados pela

média da distribuição pré-truncada de U_{it} em função de variáveis exógenas (KUMBHAKAR *et al.*, 1991, e HUANG e LIN, 1994). Battese e Coelli (1995) usaram esta parametrização em um painel de dados conforme formulada em (12).

Já, Reifschneider e Stevenson (1991), Caudill e Ford (1993), Caudill *et al.* (1995) e Hadri (1999) preferiram usar a parametrização da variância da distribuição pré-truncada, ressaltando que o procedimento é útil para controlar problemas de heteroscedasticidade. Mais tarde, Wang (2002) combinou as duas abordagens.

5.2 ESPECIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS E DA BASE DE DADOS

Com base na seção 3 e na disponibilidade de dados , foram selecionadas inicialmente as seguintes variáveis:

PTQ =	Produto Total em Quantidade (Toneladas)
HPH =	Horas Pagas Horistas (Quantidade de Horas Trabalhadas)
HPM =	Horas Pagas Mensalistas (Quantidade de Horas Trabalhadas)
HPT =	Horas Pagas Total (Quantidade Total de Horas Trabalhadas)
MOHQ =	Mão-de-Obra Horista Quantidade (Quantidade de Pessoal Horista)
MOMQ =	Mão-de-Obra Mensalista Quantidade (Quantidade de Pessoal Mensalista)
MOTQ =	Mão-De-Obra Total Quantidade (Quantidade Total de Pessoal)
EEQ =	Energia Elétrica Quantidade (Energia em Kw/H)
EEVD =	Energia Elétrica Valor Deflacionado (Valor Deflacionado pago em R\$)
TGQ =	Total Gás Quantidade (Toneladas)
MPRIQ =	Matéria Prima Quantidade (Toneladas)
MPRIVD =	Matéria Prima Valor Deflacionado (Valor Deflacionado pago em R\$)
MPROQ =	Material Processo Quantidade (Toneladas)
MPROVD =	Material Processo Valor Deflacionado (Valor Deflacionado pago em R\$)
TMATQ =	Total Materiais Quantidade (Toneladas)
TMATVD =	Total Materiais Valor Deflacionado (Valor Deflacionado pago em R\$)

PTQ representa a quantidade produzida/resultado do processo produtivo; HPH, HPM, HPT, MOHQ, MOMQ e MOTQ são variáveis representativas do insumo trabalho; e EEQ, EEVD, TGQ, MPRIQ, MPRIVD, MPROQ, MPROVD, TMATQ e TMATVD são variáveis representativas do insumo capital.

A variável EEVD foi deflacionada de acordo com os reajustes efetuados pela companhia distribuidora de energia elétrica e as variáveis MPRIVD, MPROVD e TMATVD foram deflacionadas com base na coluna 27-FGV⁵.

Como variáveis explicativas na função de ineficiência (12) foram selecionadas:

TEMP =	Tempo (em Meses)
MANQ =	Manutenção Quantidade (Horas Trabalhas em Manutenção)
MANVD =	Manutenção Valor Deflacionado (Valor em R\$ Gasto com Manutenção)
PCQ =	Produção De Cabeçotes Quantidade (Toneladas)
PBQ =	Produção De Blocos (Toneladas)
CTVD =	Custo Total Valor Deflacionado (Valor Deflacionado em R\$ Gasto Diretamente Na Produção)
OCVD =	Outros Custos Valor Deflacionado (Valor Deflacionado em R\$ Gasto Indiretamente na Produção)
CTOCVD =	Custo Total + Outros Custos Valor Deflacionado (Valor Direto E Indireto Deflacionado Gasto em R\$ na Produção)

As variáveis MANVD, CTVD, OCVD e CTOCVD, também foram deflacionadas pela coluna 27-FGV.

Os dados das variáveis selecionadas referem-se às linhas de produção de Blocos e de Cabeçotes E0 e E2 da Unidade Blocos Joinville, doravante chamadas, respectivamente, Linha 1 e Linha 2 e cobrem o período de janeiro/2000 à dezembro/2003.

⁵ Índice de preços dos produtos industriais da Indústria de Transformação.

5.3 O MODELO TUPY DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA DE PRODUÇÃO

De acordo com o modelo de análise e as variáveis definidas nas seções 4.1 e 4.2, o modelo de painel de fronteira estocástica de produção industrial adotado nesta pesquisa é da forma Cobb-Douglas

$$PTQ_{it} = \beta_0 \cdot HPH_{it}^{\beta_1} \cdot HPM_{it}^{\beta_2} \cdot HPT_{it}^{\beta_3} \cdot MOHQ_{it}^{\beta_4} \cdot MOMQ_{it}^{\beta_5} \cdot MOTQ_{it}^{\beta_6} \cdot EEQ_{it}^{\beta_{10}} \cdot EEVD_{it}^{\beta_{11}} \cdot TGQ_{it}^{\beta_{12}} \cdot MPRIQ_{it}^{\beta_{14}} \cdot MPRIVD_{it}^{\beta_{15}} \cdot MPROQ_{it}^{\beta_{16}} \cdot MPROVD_{it}^{\beta_{17}} \cdot TMATQ_{it}^{\beta_{18}} \cdot TMATVD_{it}^{\beta_{19}}$$

14)

Os efeitos da ineficiência técnica, por sua vez, são assumidos como:

$$U_{it} = \delta_0 \cdot e^{TEMP_{it}^{\delta_1}} \cdot MANQ_{it}^{\delta_2} \cdot MANV_{it}^{\delta_3} \cdot PCQ_{it}^{\delta_4} \cdot PBQ_{it}^{\delta_5} \cdot CTV_{it}^{\delta_6} \cdot OCV_{it}^{\delta_7} \cdot CTOCV_{it}^{\delta_8} \cdot W_{it}$$

15)

Em que a variável aleatória W_{it} é definida como em (12).

Na estimação de (14), espera-se que os coeficientes que acompanham as variáveis explicativas (HPH, HPM, HPT, MOHQ, MOMQ, MOTQ, EEQ, EEVD, TGQ, MPRIQ, MPRIVD, MPROQ, MPROVD, TMATQ e TMATVD) tenham sinais positivos e sejam estatisticamente diferentes de zero. Tanto a fronteira de produção quanto a equação de ineficiência, são especificadas para admitir a possibilidade de deslocamento no tempo em estrutura linear. Um sinal positivo no coeficiente de tendência temporal indica aumento dos níveis médios de eficiência entre as linhas de Blocos e Cabeçotes 1 e 2 no período; um sinal negativo significa redução destes níveis médios. Uma tendência estatisticamente significativa de redução do nível médio de ineficiência em uma linha de produção, é interpretada aqui positivamente como resultado da difusão da melhor prática produtiva.

Os demais coeficientes de inclinação das funções (14) e (15) medem as elasticidades das variáveis dependentes com relação a cada variável explicativa. Para estimação simultânea dos parâmetros da fronteira estocástica e do modelo de ineficiência técnica, emprega-se o método de máxima verossimilhança (MLE) com o pressuposto de uma distribuição truncada para a variável U_i .

No processamento da estimação é empregado o *software* denominado frontier 4.1 desenvolvido por Battese e Coelli (1995) e formalizado por Coelli (1996). através deste *software*, obtém-se as estimativas dos parâmetros da função de produção de fronteira estocástica simultaneamente com as dos parâmetros da equação de ineficiência.

6 ESTIMAÇÃO DO PAINEL DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da estimação por MLE do painel de fronteira estocástica (14) e (15) e dos respectivos índices de eficiência técnica para cada linha de produção, gerados pelo programa Frontier 4.1, podem ser vistos no Anexo A.

As estimativas dos coeficientes de regressão, dos valores de σ_U^2 e de γ , bem como dos correspondentes valores das estatísticas t (entre parênteses), para cada modelo estimado, estão na Tabela 4. As equações estimadas (14) e (15) selecionadas para análise são, respectivamente,

$$PTQ_{it} = 0,52078.HPH_{it}^{0,4327}.EEVD_{it}^{0,2808}.TMATVD_{it}^{0,4237}.e^{V_{it}-U_{it}} \quad (16)$$

e

$$U_{it} = e^{TEMP_{it}^{0,0081}.MANQ_{it}^{0,0196}.W_{it}} \quad (17)$$

Tabela 4 - Estimativas por MLE dos parâmetros do painel de fronteira estocástica para diferentes especificações – 2004

Regressor	Parâmetro	Modelo ‘Completo’	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	$\ln \beta_0$	6,3878* (3,6084)	-5,6416* (-5,5795)	-6,7929* (-10,1704)	-6,5243* (-9,5031)
$\ln HPH$	β_1	0,8479 ^{NES} (0,7518)	0,3829** (2,3286)	0,4620* (7,7327)	0,4327* (4,4689)
$\ln HPM$	β_2	0,0419 ^{NES} (0,8894)	0,0283 ^{NES} (0,2082)		
$\ln HPT$	β_3	-0,8174 ^{NES} (-0,6979)			
$\ln MOHQ$	β_4	4,8986 ^{NES} (0,9497)	-0,2833 ^{NES} (-0,3379)		
$\ln MOMQ$	β_5	0,0009* (0,0091)			
$\ln MOTQ$	β_6	-4,8641 ^{NES} (-0,9265)			

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Tabela 4 - Estimativas por MLE dos parâmetros do painel de fronteira estocástica para diferentes especificações – 2004 (Cont.)

Regressor	Parâmetro	Modelo “Completo”	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
<i>Ln EEQ</i>	β_7	0,0160 ^{NES} (0,7423)	0,0418* (0,0834)		
<i>Ln EEVD</i>	β_8	0,0294* (1,2862)	0,2791 ^{NES} (0,7327)	0,2728* (5,7022)	0,2808* (6,1173)
<i>Ln TGQ</i>	β_9	0,0025 ^{NES} (0,5061)			
<i>Ln MPRIQ</i>	β_{10}	0,2613 ^{NES} (0,8159)	-0,1735 ^{NES} (-0,2276)		
<i>Ln MPRIVD</i>	β_{11}	0,0304 ^{NES} (0,1979)			
<i>Ln MPROQ</i>	β_{12}	0,0730 ^{NES} (0,8744)	0,2272 ^{NES} (0,3279)		
<i>Ln MPROVD</i>	β_{13}	0,0982 ^{NES} (0,7354)	-0,7209* (-0,0820)		
<i>Ln TMAQ</i>	β_{14}	-0,2982 ^{NES} (-0,7436)			
<i>Ln TMAVD</i>	β_{15}	-0,0563 ^{NES} (-0,1676)	0,5239 ^{NES} (0,6268)	0,4248* (11,8441)	0,4237* (8,6222)
	$\text{Ln } \delta_0$	6,0579* (3,3067)	-0,1165 ^{NES} (-0,1153)	-0,2228 ^{NES} (-0,4290)	
<i>TEMP</i>	δ_1	0,0212** (2,5187)	-0,0161 ^{NES} (-0,0851)	0,0251 ^{NES} (0,7830)	0,0081 ^{NES} (0,3533)
<i>Ln MANQ</i>	δ_2	-0,0044 ^{NES} (-0,2037)	0,0262 ^{NES} (0,2032)	0,0355 ^{NES} (0,6266)	0,0196** (2,0936)
<i>Ln MANVD</i>	δ_3	0,0059 ^{NES} (0,3515)			
<i>Ln PCQ</i>	δ_4	-0,1888* (-19,3281)			
<i>Ln PBQ</i>	δ_5	-0,6156* (-37,7912)			
<i>Ln CTVD</i>	δ_6	0,0154 ^{NES} (0,0430)			
<i>Ln OCVD</i>	δ_7	0,0038 ^{NES} (0,1093)			
<i>Ln CTOCVD</i>	δ_8	0,0281 ^{NES} (0,0764)			
	σ_u^2	0,0005* (6,6847)	0,0211 ^{NES} (0,9769)	0,0165* (3,8167)	0,0120* (8,3247)
	γ	1,000* (4,7168)	0,9121 ^{NES} (1,0697)	1,000* (108,661)	0,9995* (13,7396)

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

* Estatisticamente significativa a 1%.

** Estatisticamente significativa a 5%.

NES - Não Estatisticamente Significante.

Conforme se observa na Tabela 6, para as duas Linhas de Blocos e Cabeçotes como um todo, durante o período de Jan/00 à Dez/03, o índice de eficiência média é 0,81 , sendo 0,814 para Linha 1 e 0,808 para a Linha 2.

Tabela 5 - Índices mensais de eficiência técnica – 2004

ÍNDICES MÊS		
	Linha 1	Linha 2
jan/00	0,679736	0,9809214
fev/00	0,7345942	0,7947273
mar/00	0,6866317	0,9475969
abr/00	0,8475548	0,8935042
mai/00	0,9010257	0,8112315
jun/00	0,924212	0,7933982
jul/00	0,8457724	0,7695777
ago/00	0,9743968	0,8242463
set/00	0,9732708	0,8205318
out/00	0,9303915	0,770169
nov/00	0,8879448	0,7595071
dez/00	0,9750502	0,7372189
jan/01	0,891362	0,6763673
fev/01	0,8920164	0,7659318
mar/01	0,9037865	0,6959034
abr/01	0,7861292	0,7278037
mai/01	0,7479889	0,798497
jun/01	0,8506377	0,6655225
jul/01	0,8446914	0,7439383
ago/01	0,8962275	0,7677262
set/01	0,8454272	0,7649203
out/01	0,8229336	0,7940094
nov/01	0,8304321	0,7507769
dez/01	0,9166631	0,7153247
jan/02	0,8252483	0,6005597
fev/02	0,8826633	0,8182281
mar/02	0,8739305	0,8141307
abr/02	0,8259022	0,7693616
mai/02	0,7695697	0,7228968
jun/02	0,7365793	0,8079757
jul/02	0,6953867	0,9942724
ago/02	0,5948873	0,9141071
set/02	0,7371341	0,9224834
out/02	0,882349	0,8969092
nov/02	0,8512494	0,8280952
dez/02	0,7683831	0,7026782
jan/03	0,7134969	0,9485473
fev/03	0,7831107	0,8536037
mar/03	0,721093	0,7923824
abr/03	0,6806981	0,809105
mai/03	0,7518538	0,8192663
jun/03	0,7589695	0,6744249
jul/03	0,7301697	0,7573929
ago/03	0,7463016	0,9218088
set/03	0,7791909	0,9087946
out/03	0,7959996	0,9173175
nov/03	0,821209	0,9328515
dez/03	0,7667472	0,9201392

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Em uma análise anual, pôde-se observar que nas duas linhas ocorreram perda de eficiência nos anos pesquisados. Na Linha 1, os melhores índices ao longo dos anos foram: 0,98 e 0,97; na Linha 2, os melhores índices foram: 0,99 e 0,98, conforme a Tabela 5.

Observou-se, também que, Jan/00 a Jun/02 a Linha 1 foi mais eficiente que a Linha 2 na maioria dos meses, porém, de Jul/02 a Dez/03, a Linha 2 foi mais eficiente na maior parte dos meses.

Na análise dos índices mês a mês (Tabela 5), pôde-se verificar que os meses mais eficientes para as Linhas 1 e 2 foram, respectivamente, Dez/2000 com 0,98 e Jul/2002 com 0,99. Os meses em que as Linhas 1 e 2 operaram com menor eficiência foram respectivamente, Ago/2002 com 0,59 para Linha 1 e Jan/02 com 0,60 para Linha 2.

Tabela 6 – Médias Anuais de eficiência técnica – 2004

EFICIÊNCIA MÉDIA PARA AS DUAS LINHAS		0,811434
MÉDIA 2000 – 2003	0,81418748	0,80868091
MÉDIA 2000	0,86338173	0,82521919
MÉDIA 2001	0,85235796	0,73889344
MÉDIA 2002	0,78694023	0,81597485
MÉDIA 2003	0,75407000	0,85463616

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Na análise mensal, as variações não são muito relevantes de um mês para outro, motivo porque calcula-se as médias trimestrais e quadrimestrais referentes ao ano civil (Tabelas 7 e 8, respectivamente) e médias trimestrais referentes ao período de atividade (Tabela 9), de forma a obter períodos com variações mais visíveis.

Nas médias trimestrais, referentes ao ano civil os índices mais significativos para as Linhas 1 e 2 foram, respectivamente, julho/2000 a setembro/2000, 0,93; e julho/2002 a setembro/2002, 0,94. Os índices menos significativos para as Linhas 1 e 2 foram, respectivamente, julho/2002 a setembro/2002, 0,68; e janeiro/01 a março/01, 0,70; ou seja, o

período com melhor atividade para a Linha 2 foi o de pior atividade para Linha 1, porém o contrário não se verifica.

Tabela 7 - Índices médios trimestrais de eficiência - “ano civil” – 2004

	Linha 1	Linha 2
Jan/00 a Mar/00	0,7003206	0,9077485
Abr/00 a Jun/00	0,8909308	0,8327113
Jul/00 a Set/00	0,9311467	0,8047853
Out/00 a Dez/00	0,9311288	0,7556317
Jan/01 a Mar/01	0,8957216	0,7127342
Abr/01 a Jun/01	0,7949186	0,7306077
Jul/01 a Set/01	0,8621154	0,7588616
Out/01 a Dez/01	0,8566763	0,7533703
Jan/02 a Mar/02	0,8606140	0,7443062
Abr/02 a Jun/02	0,7773504	0,7667447
Jul/02 a Set/02	0,6758027	0,9436210
Out/02 a Dez/02	0,8339938	0,8092276
Jan/03 a Mar/03	0,7392335	0,8648445
Abr/03 a Jun/03	0,7305071	0,7675987
Jul/03 a Set/03	0,7518874	0,8626654
Out/03 a Dez/03	0,7946520	0,9234360

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Os índices com maior e menor eficiência, referentes às médias quadrimestrais do ano civil para a Linha 1, ficam muito próximos quando comparados com os índices trimestrais de setembro/2000 a dezembro/2000, 0,94; e de maio/2002 a agosto/2002, 0,70, respectivamente. O índice referente às médias quadrimestrais (ano civil) para a Linha 2 com maior eficiência, ocorreu no período de setembro/2003 a dezembro/2003, 0,92. Esse índice é muito diferente em relação aos índices trimestrais, porém com o índice de menor eficiência, é janeiro/01 à abril/01, que é muito próximo dos índices trimestrais (ano civil).

Considerando as médias trimestrais referentes ao período de atividade (Tabela 9), agregou-se os meses partindo de março/2000. Utiliza-se este tipo de análise para agregar meses semelhantes, pois nos meses de dezembro e janeiro ocorrem as férias coletivas e o mês de fevereiro é mais curto, diferenciando-se dos demais pela menor produção. Nesta análise, pode-se verificar que o período com melhor índice de eficiência para as Linhas 1 e 2 são: setembro/2000 à novembro/2000, 0,93; e setembro/2003 à novembro/2003, 0,92. Porém, os

índices com menor eficiência foram respectivamente: junho/2003 à agosto/2003, 0,67 e dezembro/2001 à fevereiro/2002 0,71.

Tabela 8 - Índices médios quadrimestrais de eficiência - "ano civil" – 2004

ÍNDICES “Ano Civil”		
	Linha 1	Linha 2
Jan/00 a Abr/00	0,73712917	0,90418744
Mai/00 a Ago/00	0,91135171	0,79961344
Set/00 a Dez/00	0,94166431	0,77185668
Jan/01 a Abr/01	0,86832350	0,71650152
Mai/01 a Ago/01	0,83488638	0,74392098
Set/01 a Dez/01	0,85386401	0,75625781
Jan/02 a Abr/02	0,85193606	0,75057003
Mai/02 a Ago/02	0,69910573	0,85981301
Set/02 a Dez/02	0,80977890	0,83754151
Jan/03 a Abr/03	0,72459966	0,85090958
Mai/03 a Ago/03	0,74682366	0,79322322
Set/03 a Dez/03	0,79078670	0,91977568

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Tanto agregando-se meses por período de atividade (ano civil) ou mês a mês, é possível verificar que os melhores índices de eficiência para a Linha 1 estão entre 0,93 e 0,98, e para Linha 2, entre 0,91 e 0,995. Em contrapartida, os piores índices de eficiência situam-se entre 0,59 à 0,70 para a Linha 1, e 0,60 à 0,72 para a Linha 2.

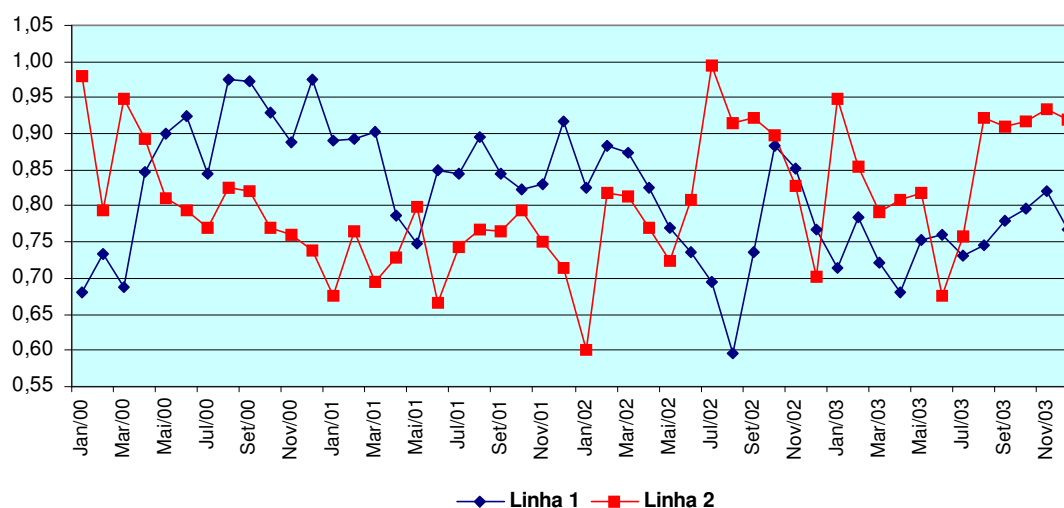
Tabela 9 - Índices médios trimestrais de eficiência - "período de atividade" – 2004

ÍNDICES “Período Atividade”		
	Linha 1	Linha 2
Mar/00 a Mai/00	0,8117374	0,8841109
Jun/00 a Ago/00	0,9147937	0,7957408
Set/00 a Nov/00	0,9305357	0,7834026
Dez/00 à Fev/01	0,9194762	0,7265060
Mar/01 a Mai/01	0,8126348	0,7407347
Jun/01 a Ago/01	0,8638522	0,7257290
Set/01 a Nov/01	0,8329310	0,7699022
Dez/01 a Fev/02	0,8748582	0,7113709
Mar/02 a Mai/02	0,8231341	0,7687964
Jun/02 a Ago/02	0,6756178	0,9054517
Set/02 a Nov/02	0,8235775	0,8824959
Dez/02 a Fev/03	0,7549969	0,8349431
Mar/03 a Mai/03	0,7178816	0,8069179
Jun/03 a Ago/03	0,7451470	0,7845422
Set/03 à Nov/03	0,7987999	0,9196545

Fonte : Tupy Fundições Ltda, (2004)

Em todas as análises efetuadas para a Linha 1 observa-se que o período de maior ineficiência ocorre em 2002, porém para Linha 2, ocorre em 2001 e 2002. A Linha 1, mesmo sendo tecnologicamente mais antiga e menos automatizada que a Linha 2, sua capacidade de produção é de 81 moldes/hora, contra 108 moldes/hora da Linha 2 - apresenta sua eficiência na média muito próxima da Linha 2.

De acordo com a teoria econômica as duas Linhas estão operando com rendimentos constante de escala.



Fonte : Tupy Fundições Ltda, elaboração própria - (2004)

Figura 10 - Índices mensais de eficiência técnica

7 CONCLUSÃO

De maneira geral, os resultados encontrados condizem com a realidade do setor de fundição e da empresa analisada. Sabe-se que as fundições brasileiras estão operando muito próximo de sua capacidade plena e a Tupy, mesmo sendo a maior fundição da América Latina, compartilha também desta realidade, conforme verificado nesta dissertação.

O modelo de painel de fronteira estocástica estimado evidencia que a eficiência técnica média da Linha 2 é superior à Linha 1. Isso se explica, em boa parte pela diferença de tecnologia, haja vista que a Linha 2 é mais moderna que a Linha 1.

Os índices anuais revelam que a Linha 1 está operando com eficiência decrescente, pois seu índice se reduz ano após ano, diferente da Linha 2. Mais especificamente, constata-se que a eficiência máxima conseguida em cada linha gira bem perto de 0,85 e ocorreu em 2000, na Linha 1 e em 2003, na Linha 2.

Isso reflete o enrijecimento da possibilidade de obter mais produto, sem ter de aumentar insumos, ou seja, as linhas de produção analisadas atingiram sua plena capacidade de fabricação e de otimização da produção.

Mesmo assim, ainda é possível melhorar mais um pouco os índices de eficiência, mediante a implementação de programas mais modernos de manutenção, especialmente de caráter preventivo. A variável manutenção é a única que teve coeficiente significativo na equação de ineficiência.

Essas constatações são evidências bastante fortes da necessidade bem presente de construir uma nova fundição. Em estudos futuros, seria conveniente verificar a eficiência da produção de blocos e cabeçotes separadamente, empregando análise econométrica avançada envolvendo regressão canônica.

REFERÊNCIAS

- AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review** 13 (3): p. 568 – 598. 1972.
- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. **Journal of Econometrics**, 6, p.19-37. 1977.
- ALVES, P. S. M. Mensuração e fontes de eficiência técnica da indústria de transformação: um estudo de caso para o Estado de MG. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro:v. 42, n.2, p. 195-214, abr./jun. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. **Guia ABIFA de fundição**: anuário ABIFA 2004. São Paulo: ABIFA, 2004.
- ATKINSON, S.E. & CORNELL, C. Parametric estimation of technical and allocative inefficiency with panel data. **International Economic Review**, 35(1): 231-243, 1994.
- BARRETO, F., A.; MARINHO, E.; OLIVEIRA, T. **Abertura Econômica e o Desempenho da Indústria Brasileira de 1985/1996**: Uma abordagem utilizando índice de malmquist e a teoria da fronteira estocástica. 2002. Disponível em: <<http://www.caen.ufc.br/wp%20ataliba/artigo%20flavio%20schymura%20%20In.pdf>>. Acesso em: 04 abril 2003.
- BATTESE, E.; T. J. COELLI. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. **Empirical Economics**, 20, 1995. p. 325-332.
- _____. Prediction of firm level technical inefficiencies with a generalised frontier production function and panel data. **Journal of Econometrics**, 38, 1988. p. 387-399.
- BAUER, P. W. Recent development in the econometric estimation of frontiers. **Journal of Econometrics** 46 (1/2): 39 –56, 1990.
- BRAGA, H. C. ; ROSSI, J. W. Mensuração da eficiência técnica na indústria brasileira: 1980. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro:v. 40, n.1, p. 89-118, jan./mar. 1986.
- CAUDILL, S.B., FORD, J.M. Ford. Biases in Frontier Estimation Due to Heteroskedasticity, **Economic Letters**, 41, 17-20, 1993.
- CAUDILL, S.B., FORD, J.M., GROPPER, D.M. Frontier Estimation and Firm-Specific Inefficiency Measures in the Presence of Heteroskedasticity, **Journal of Business and Economic Statistics**, 13, 1, 105-11, 1995.
- COELLI, Tim. A Guide to FRONTIER Version 4.1: A computer program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. **Center for Efficiency and Productivity Analysis**, University of New England, Armidale, NSW, 2351, Austrália, 1996/07. Disponível em:<<http://www.uned.edu.au/econometrics/cepa.htm>>. Acesso em: 3 março 2004.

DUARTE, Janete. **Especializações industriais na economia brasileira: uma análise de desempenho setorial**. IPEA, Brasília, texto para discussão n. 961, 25 p., jul. 2003.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society** , Séries A, Parte III, p. 253-290, 1957.

FORSUND, F. R.; LOVELL, K. C. A. & SCHMIDT, T. A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics** 13: 5-25, 1980.

FRIED, H.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. **Measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University press, 1993. 426p.

GREENE, W. H. The econometric approach to efficiency analysis. In: **The Measurement of Productive Efficiency**. New York: Oxford university Press, 1993, p. 68-119.

HADRI, K. Estimation of a Doubly heteroskedastic Stochastic Frontier Cost Function, **Journal of Business and Economic Statistics**, 17, 359-63, 1999.

HEATHFIELD, D.F. & WIBE, S. **An introduction to Cost and production Functions**. Atlantic Highlands, NJ, Humanities Press International, 1987, 193 p.

HUANG, C.J., LIU, J.T. Stochastic Production Frontier in the Taiwan Electronics Industry, **Department of Economics Vanderbilt University**, Nashville, pp13, 1992.

_____. Estimation of a Non-neutral Stochastic Frontier Production Function, **Journal of Productivity Analysis**, 5, 171-180, 1994.

KALIRAJAN, K. P. On measuring economic efficiency. **Journal of Applied Econometrics**, v.5, p.75-85, 1990.

KUMBHAKAR, S.C., GHOSH, S., MCGUCKIN, J.T. A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms, **Journal of Business and Economics Statistics**, 9, 279-286, 1991.

KUMBHAKAR, S. C. & LOVELL, C. A. K. **Stochastic Frontier Analysis**. 1st. Ed., New York, N.Y.: Cambridge university Press, 2000.

LOVELL, C.A.K. The measurement of productive efficiency: techniques and applications. USA: Oxford University Press, 1993. 426 p. Cap. II, p.3-67: **Production frontiers and productive efficiency**.

LOVELL, C.A.K. & SCHMIDT, P. A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency. In **Applications of modern production theory**. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1988, p 3 – 32

MADDALA, G. S. A note on the Form of the Production Function and Productivity in Measurement and Interpretation of Productivity. IN: MADDALA, G. S., **Econometric Methods and applications**. Aldershot: Edward Elgar, v.1, p.57-65, 1994

NICOLAU, J.A. **Eficiência técnica na produção: uma análise da agropecuária catarinense**. Florianópolis: UFSC, 1983. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1983.

REIFSCHNAIDER, D., STEVENSON, R. Systematic Departures from the Frontier: A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency, **International Economic Review**, 32, 3, 715-23, 1991.

RICHMOND, J. Estimating the efficiency of production. **International Economic Review**, v.15, n.2, p.515-512, 1974

SCHMIDT, P. & LOVELL, C. A. K. Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers. **Journal of Econometrics**, 9:343-366, 1979.

SCHMIDT, P. On the statistical estimation of parametric frontier production functions. **Review of Economics and Statistics**, v.58, n.2, p.238-239, 1976.

SILVEIRA, João Serafim Tusi da. **Análise econométrica de eficiência técnica usando regressão canônica na estimação da fronteira estocástica de produção**. 2000. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SILVEIRA, J. S. T., LANZER, E.A., PEREIRA, M.F. Análise econométrica da eficiência produtiva: aplicação à clínica cirúrgica do hospital da UFSC. **III Workshop sobre Indicadores da Qualidade e Produtividade no Serviço Público**, Brasília-DF, 1995.

TERNES, A. **A estratégia da confiança**. Joinville: S. Ed., 1988.

TYLER, W. G. Eficiência técnica na produção: uma análise empírica dos setores siderúrgico de plásticos no Brasil. **Estudos Econômicos**. 10 (1): 29-53, jan./abr. 1980.

TYLER, W. G. **Eficiência técnica e características da propriedade industrial numa nação em desenvolvimento: um estudo do caso brasileiro**. [S.I.:s.n.]. 1986.

TIMMER, C. P. Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. **Journal of Political Economy**, v. 79, p.776-794, 1971.

VARIAN, Hall R. **Microeconomia**. 5. Ed., Rio de Janeiro: Campus, 2000.

VARIAN, Hall R. **Microeconomic analysis**. 3rd. Ed., New York, N.Y.: W.W. Norton & Company, 1992.

Wang, H. Heteroskedasticity and Non-Monotonic Efficiency Effects of a Stochastic Frontier Model, **Journal of Productivity Analysis**, 18, 241-53, 2002.

APÊNDICE A – SAÍDA DO FRONTIER 4.1 PARA O MODELO SELECIONADO

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal

data file = m2.dat

Tech. Eff. Effects Frontier (see B&C 1993)

The model is a production function

The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	-0.65009002E+01	0.58663085E+00	-0.11081756E+02
beta 1	0.34915452E+00	0.78271175E-01	0.44608315E+01
beta 2	0.31139372E+00	0.42201357E-01	0.73787608E+01
beta 3	0.44692769E+00	0.50602033E-01	0.88322082E+01
sigma-squared	0.12321995E-01		

log likelihood function = 0.76850495E+02

the estimates after the grid search were :

beta 0 -0.64071822E+01
 beta 1 0.34915452E+00
 beta 2 0.31139372E+00
 beta 3 0.44692769E+00
 delta 1 0.00000000E+00
 delta 2 0.00000000E+00
 sigma-squared 0.20591639E-01
 gamma 0.67000000E+00

iteration = 0 func evals = 20 llf = 0.77357509E+02
 -0.64071822E+01 0.34915452E+00 0.31139372E+00 0.44692769E+00 0.00000000E+00
 0.00000000E+00 0.20591639E-01 0.67000000E+00

gradient step

iteration = 5 func evals = 46 llf = 0.77451678E+02
 -0.64048286E+01 0.35829021E+00 0.30753873E+00 0.44399517E+00 0.67827264E-02
 0.38742114E-02 0.18467093E-01 0.67115392E+00

iteration = 10 func evals = 102 llf = 0.77680581E+02
 -0.58769055E+01 0.35899108E+00 0.31789008E+00 0.40451736E+00 -0.88063028E-02
 0.15879858E-01 0.20097073E-01 0.90905402E+00

iteration = 15 func evals = 182 llf = 0.79303978E+02
 -0.64480301E+01 0.42328652E+00 0.28550806E+00 0.42179970E+00 0.66529677E-02
 0.19286033E-01 0.12390210E-01 0.99255791E+00

pt better than entering pt cannot be found

iteration = 17 func evals = 210 llf = 0.79550457E+02
 -0.65243597E+01 0.43267429E+00 0.28082339E+00 0.42367379E+00 0.81009326E-02

0.19616728E-01 0.12042823E-01 0.99945939E+00

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	-0.65243597E+01	0.68654867E+00	-0.95031277E+01
beta 1	0.43267429E+00	0.96817913E-01	0.44689487E+01
beta 2	0.28082339E+00	0.45905719E-01	0.61173945E+01
beta 3	0.42367379E+00	0.49137314E-01	0.86222415E+01
delta 1	0.81009326E-02	0.22926289E-01	0.35334687E+00
delta 2	0.19616728E-01	0.93696670E-02	0.20936419E+01
sigma-squared	0.12042823E-01	0.14466335E-02	0.83247223E+01
gamma	0.99945939E+00	0.72742965E-01	0.13739602E+02

log likelihood function = 0.79550457E+02

LR test of the one-sided error = 0.53999239E+01

with number of restrictions = 3

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 17

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 2

number of time periods = 48

total number of observations = 96

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

```

0.47134907E+00 0.10999625E+00 -0.51272117E-01 -0.83785148E-02 0.69715813E-02
0.60371429E-02 -0.32220452E-02 0.80047211E-01
0.10999625E+00 0.93737083E-02 0.48235898E-02 -0.42400914E-02 -0.21178855E-02
-0.33652162E-03 0.34668742E-03 -0.80091915E-02
-0.51272117E-01 0.48235898E-02 0.21073351E-02 0.15396735E-02 0.71368387E-03
0.30542982E-03 -0.21057948E-03 0.44462541E-02
-0.83785148E-02 -0.42400914E-02 0.15396735E-02 0.24144757E-02 0.51076162E-03
-0.38550195E-03 0.12450378E-03 -0.29070819E-02
0.69715813E-02 -0.21178855E-02 0.71368387E-03 0.51076162E-03 0.52561474E-03
-0.33639495E-03 0.61220747E-04 -0.18293106E-02
0.60371429E-02 -0.33652162E-03 0.30542982E-03 -0.38550195E-03 -0.33639495E-03
0.87790660E-04 0.65127590E-05 -0.67181693E-04
-0.32220452E-02 0.34668742E-03 -0.21057948E-03 0.12450378E-03 0.61220747E-04
0.65127590E-05 0.20927486E-05 0.20885595E-03
0.80047211E-01 -0.80091915E-02 0.44462541E-02 -0.29070819E-02 -0.18293106E-02

```

-0.67181693E-04 0.20885595E-03 0.52915390E-02

technical efficiency estimates :

firm	year	eff.-est.
1	1	0.67973599E+00
2	1	0.98092135E+00
1	2	0.73459421E+00
2	2	0.79472727E+00
1	3	0.68663165E+00
2	3	0.94759691E+00
1	4	0.84755482E+00
2	4	0.89350423E+00
1	5	0.90102568E+00
2	5	0.81123151E+00
1	6	0.92421200E+00
2	6	0.79339823E+00
1	7	0.84577239E+00
2	7	0.76957770E+00
1	8	0.97439675E+00
2	8	0.82424633E+00
1	9	0.97327083E+00
2	9	0.82053178E+00

1	10	0.93039145E+00
2	10	0.77016895E+00
1	11	0.88794479E+00
2	11	0.75950706E+00
1	12	0.97505017E+00
2	12	0.73721894E+00
1	13	0.89136198E+00
2	13	0.67636729E+00
1	14	0.89201641E+00
2	14	0.76593180E+00
1	15	0.90378645E+00
2	15	0.69590335E+00
1	16	0.78612915E+00
2	16	0.72780365E+00
1	17	0.74798890E+00
2	17	0.79849698E+00
1	18	0.85063774E+00
2	18	0.66552246E+00
1	19	0.84469141E+00
2	19	0.74393827E+00
1	20	0.89622747E+00
2	20	0.76772622E+00
1	21	0.84542720E+00
2	21	0.76492028E+00
1	22	0.82293362E+00

2	22	0.79400936E+00
1	23	0.83043209E+00
2	23	0.75077688E+00
1	24	0.91666313E+00
2	24	0.71532471E+00
1	25	0.82524825E+00
2	25	0.60055971E+00
1	26	0.88266331E+00
2	26	0.81822812E+00
1	27	0.87393054E+00
2	27	0.81413067E+00
1	28	0.82590215E+00
2	28	0.76936161E+00
1	29	0.76956968E+00
2	29	0.72289683E+00
1	30	0.73657926E+00
2	30	0.80797572E+00
1	31	0.69538672E+00
2	31	0.99427243E+00
1	32	0.59488726E+00
2	32	0.91410707E+00
1	33	0.73713409E+00
2	33	0.92248340E+00
1	34	0.88234901E+00
2	34	0.89690922E+00

1	35	0.85124940E+00
2	35	0.82809520E+00
1	36	0.76838310E+00
2	36	0.70267822E+00
1	37	0.71349687E+00
2	37	0.94854734E+00
1	38	0.78311070E+00
2	38	0.85360369E+00
1	39	0.72109295E+00
2	39	0.79238235E+00
1	40	0.68069812E+00
2	40	0.80910495E+00
1	41	0.75185377E+00
2	41	0.81926628E+00
1	42	0.75896952E+00
2	42	0.67442493E+00
1	43	0.73016972E+00
2	43	0.75739285E+00
1	44	0.74630162E+00
2	44	0.92180882E+00
1	45	0.77919090E+00
2	45	0.90879461E+00
1	46	0.79599963E+00
2	46	0.91731748E+00
1	47	0.82120904E+00

2 47 0.93285146E+00

1 48 0.76674721E+00

2 48 0.92013917E+00

mean efficiency = 0.81143419E+00

summary of panel of observations:

(1 = observed, 0 = not observed)

```

t:  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48

n
1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1
1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  48
2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1
1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  48

2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2
2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  96

```